CARACTERIZACIÓN Y USOS POTENCIALES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE AJI AMAZÓNICO



EDITORES:

Luz Marina Melgarejo. PhD

María Soledad Hernández. PhD

Jaime Alberto Barrera. Ing.

Ximena Bardales. Ing.

Melgarejo, Luz Marina; Hernández, María Soledad; Barrera, Jaime Alberto; Bardales, Ximena.

Caracterización y usos potenciales del banco de gernoplasma de ají amazónico. Luz Marina Melgarejo; María Soledad Hernández; Jaime Alberto Barrera; Ximena Bardales, Eds. Bogotá, Colombia: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-Sinchi, Universidad Nacional de Colombia, 2004

1. AJI (CAPSICUM) 2. COLECCIONES DE MATERIAL GENÉTICO 3. CONSERVACIÓN DE RECURSOS 4. AMAZONIA

ISBN

Primera edición: Octubre de 2004

Producción editorial
Diagramación, fotomecánica, impresión y encuadernación:
Gráficas Ducal Ltda. - PBX: 341 7434

Disponible en: Instituto Sinchi, calle 20 No. 5-44 Tel.: 283 6755, www.sinchi.org.co

Impreso en Colombia
Printed in Colombia



INSTITUTO AMAZÓNICO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS –SINCHI-

LUZ MARINA MANTILLA CÁRDENAS
Directora General

ROSARIO PIÑERES VERGARA
Subdirectora Administrativa y Financiera

Equipo Técnico
MARIA SOLEDAD HERNÁNDEZ PhD
LUZ MARINA MELGAREJO PhD
JAIME ALBERTO BARRERA Ing.
XIMENA BARDALES Ing.
MARCELA CARRILLO Ing.



CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de investigadores que participaron durante el desarrollo del proyecto Fase I: "Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de especies promisorias de la Amazonia Colombiana pertenecientes al género C*apsicum* para su conservación y uso" y Fase II "Caracterización fisiológica y de uso potencial de accesiones promisorias de ají amazónico con miras a su introducción en las cadenas agroproductivas de la región Amazónica Colombiana"

A las comunidades indígenas de la región amazónica colombiana quienes permitieron la colecta del germoplasma (Proyecto ají, Fase I) base para el desarrollo del proyecto fase II.

Al Instituto de Genética de la Universidad Nacional de Colombia por permitir el uso del HPLC para la detección de niveles de capsaicinoides y ácidos orgánicos.

A las entidades asesoras involucradas en el proyecto Fase I: Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT con el doctor Joe Tohme y Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira con el profesor Mario García.

Al Profesor Orlando Martínez por el análisis estadístico del proyecto fase II, a Carlos Arturo Franco por la participación en la caracterización del sistema comercial amazónico, a Katherine Jaramillo por la estandarización preliminar de capsaicina y a Lina Gallego por la contribución en el establecimiento agronómico de algunas accesiones de ají.

A cada una de las entidades involucradas en el proyecto Fase II: Instituto Sinchi, Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá y Asociación de Agricultores Agropecuarios de Amazonas.

A Colciencias-BID por la financiación de los proyectos (Fase I y II) de investigación.

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* es originario del nuevo mundo (Velez, 1991) y comprende 25 especies de las cuales cinco han sido domesticados y dado origen a numerosos cultivares; entre estos *Capsicum chinense* jacq., *Capsicum annuum* L., *Capsicum pubescens* R & P, *Capsicum frutescens* L., y *Capsicum baccatum* L. En la actualidad el que mas se cultiva en el mundo es *C. annuum* L.

La producción mundial de *Capsicum* se calcula en 18'024.719 toneladas de fruta, encontrándose que Asia es el continente donde principalmente se cultiva y en el que China, Japón y Taiwán son los principales países productores (FAO 1999). En Colombia el Pimentón y el Ají son cultivos relativamente recientes y comienzan a expandirse en vista de su buena rentabilidad, producción y posibilidades para exportación. Actualmente, las zonas de producción comercial en Colombia se ubican principalmente en los departamentos de Santander, Valle del Cauca y Costa Atlántica.

En la región amazónica es uno de los géneros mas cultivados por sus etnias, haciendo parte del patrimonio cultural de la región (Arias y Melgarejo, 2000; Vélez, 1991), lo cual ha dado lugar a variedades adaptadas a los diferentes ambientes y a los requerimientos agroculturales donde se cultiva. La utilización sostenible de esta diversidad genética y la oferta natural del ecosistema amazónico, constituye una garantía rentable en la medida que exista una tecnología apropiada para su aprovechamiento; el género *Capsicum* en la Amazonia reúne una gran oferta de variedades de carácter pungente además de características de precocidad, productividad y demanda comercial lo que brinda grandes potencialidades de uso.

La colección de *Capsicum* de la región Amazónica, custodiada por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI, está compuesta por 377 accesiones en las que se encuentran las especies C. a*nnuum*, C. *baccatum*, C. *chinense*, C. f*rutescens* y C. *pubescens*. Esta colección se caracterizó durante el proyecto fase I "Caracterización

morfológica, bioquímica y molecular de especies promisorias de la Amazonia Colombiana pertenecientes al género C*apsicum* para su conservación y uso" de manera morfológica con base en los descriptores del IPGRI, bioquímica por isoenzimas y molecular por AFLP con el fin de ampliar el conocimiento de su diversidad, estudio de fisiología de semillas en algunas accesiones de ají para determinar las condiciones óptimas de almacenamiento en el banco de germoplasma (Melgarejo et al, 2000), información de la etnobotánica del género en Colombia (Arias y Melgarejo, 2000; Melgarejo et al., 2000) y cuyos principales resultados se presentan en el capítulo I del presente libro.

Si se pretende involucrar el género dentro de los sistemas productivos endógenos y las cadenas agroproductivas regionales, es necesario seleccionar aquellas accesiones que por sus características comerciales puedan constituirse en opciones productivas, es así como con este propósito se desarrolló el proyecto fase II "Caracterización fisiológica y de uso potencial de accesiones promisorias de ají amazónico con miras a su introducción en las cadenas agroproductivas de la región amazónica colombiana" para el cual se realizó la caracterización fisiológica en 5 accesiones del banco (CS-032 *C. annuum*, CS-049 *C. annuum,* CS-219 *C. annuum,* CS-170 *C. baccatum*, CS-376 *C. frutescens*, CS- 003 *C. chinense*) y a las que se les determinó durante el desarrollo de los frutos niveles de capsaicina, dihidrocapsaicina, ácidos orgánicos, azúcares totales, azúcares reductores, proteína, actividad peroxidasa, entre otros, $C0_2$ y etileno para determinar su comportamiento (climatérico o no climatérico) como herramientas para detección de índices de poscosecha y acompañamiento técnico-científico para el manejo del cultivo y la agroindustria del ají; y cuyos resultados se presentan en los capítulos II al V de este libro.

Los capítulos I, II y III presentan resultados de investigación básica que comprenden aspectos relacionados con la caracterización molecular, bioquímica y fisiológica; en tanto que los capítulos IV y V presentan los resultados de investigación aplicada obtenida con el trabajo conjunto con la Asociación de Productores Agropecuarios del Amazonas.

CAPITULO I

CARACTERIZACIÓN DE ACCESIONES DEL BANCO DE GERMOPLASMA DE LA REGION AMAZONICA COLOMBIANA

Por: Luz Marina Melgarejo[1], Fernando Rodríguez[2], Martha Giraldo[2], Gladys Cardona[2], Marcela Celis[2], Juan Carlos Arias[2], Mario García[1], Lorena Quintero[2], Marisol Cudris[2], Sandra Toquica[2], Isabel Monroy[2], Martín Emilio Rodríguez[2], Miriam Cristina Duque[3], Joe Tohme[3]

En el presente capítulo se presentan los principales resultados obtenidos durante el proyecto fase I "Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de especies promisorias de la Amazonia Colombiana pertenecientes al género C*apsicum* para su conservación y uso", mayores detalles en Melgarejo *et al.*, 2000; Arias y Melgarejo, 2000; Toquica et *al*., 2003, Quintero *et al.*, sometido a publicación. Igualmente se presentan resultados referentes a fisiología de semillas, etnobotánica y base de datos.

Caracterización morfoagronómica

El ají se ubica dentro de la subclase Asteridae, Orden Solanales, Familia Solanaceae y Género *Capsicum*. Según Vélez, 1991, el ají es originario del continente Americano (Bolivia, Perú, sur de México y Colombia) cuenta con cerca de 25 especies silvestres y cinco domesticadas (*Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum annuum* L., *Capsicum pubesecens*, *Capsicum frutescens* y *Capsicum baccatum* L.). Se piensa que *Capsicum* fue una de las primeras especies domesticadas en Sur América, presentándose actualmente como un género cosmopolita, aunque su distribución natural va desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina (Arias y Melgarejo, 2000).

[1] *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología*
[2] *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI*
[3] *Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT*

Durante el proyecto fase I se colectaron 377 accesiones en la región Amazónica Colombiana, pertenecientes a cinco especies: *C. annuum* (132), *C. baccatum* (3), *C. chinense* (116), *C. frutescens* (104), *C. pubescens* (5) y *C. sp* (20), estas especies son reportadas por Heiser y Pickersgill (1969) y D'Arcy & Eshbaugh (1974) como especies cultivadas.

Las especies más representativas en cuanto a número de accesiones para la región son *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens,* lo que concuerda con el planteamiento de Pickersgill (1994) quien indica que estas especies tienen una amplia distribución en Centro y Sur América. La representatividad de las demás especies es poca (0.8% *C. baccatum* y 1.3% *C. pubescens*), el bajo número de accesiones de *C. pubescens* se puede deber a que es una especie de los altiplanos bolivianos y peruanos, y que su introducción en Colombia probablemente es reciente, lo que confirma las consideraciones realizadas por Debouck y Libreros (1996) para la distribución geográfica de las especies cultivadas de *Capsicum* en Colombia.

C. baccatum y *C. pubescens* son fácilmente diferenciables por características muy específicas como son semillas negras y flores moradas o moradas con base blanca (*C. pubescens*) y flores amarillas o blanco amarillas con manchas verduzcas hacia la parte basal de los pétalos (*C. baccatum*).

Teniendo en cuenta las descripciones de género y especies, y analizando los dendrogramas obtenidos por el análisis numérico, se encontró que existe una gran variación morfológica entre las especies del complejo y a sul interior, por lo tanto no se logra discriminar por grupos las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutecens* (Melgarejo *et al.* 2000).

Relativo a la caracterización morfoagronómica, se realizó en este trabajo una descripción por estado de desarrollo de la planta: vegetativo, reproductivo, fructificación y semilla, bajo condiciones de Palmira Valle. Para cada descriptor se obtuvieron frecuencias por categoría con el objetivo de poder apreciar la variabilidad intra específica e inter específica. Se generaron dendrogramas, utilizando el procedimiento de agrupamiento de NTSYS.

Para el descriptor Ciclo de vida todas las especies fueron clasificadas como anuales, sin embargo es conveniente hablar para el caso de los ajíes como materiales de biotipos semiperennes, ya que son ecofisiológicamente no competitivas en condiciones desfavorables para su desarrollo. Para el descriptor ancho de planta en todas las especies, excepto en *C pubescens*, se encontró en la categoría 3 (51-70 cm); en *C. pubescens* el ancho de la planta es superior a 90 cm.

El descriptor Posición de flor en la especie *C. annuum* presentó el mayor porcentaje en posición intermedia seguido de la posición pendiente, lo cual corresponde a la descripción dada por Casali y Couto (1984); *C. chinense* exhibió posición erecta e intermedia, correspondiendo a la descripción de Hunziker (1969), Heiser (1976) y Casali y Couto (1984); *C. frutescens* presentó posición de flor erecta, coincidiendo con la descripción

realizada por estos mismos autores. En *C. pubescens* el 100% de las accesiones presentan posición de flor intermedia, en *C. baccatum* el 50% de las accesiones posición intermedia y el 50% posición erecta. El descriptor Color de mancha de la corola sólo se manifestó en la especie *C. baccatum*, mostrando una tonalidad amarillo-verdoso en la base de los lóbulos, siendo el descriptor morfológico que permite diferenciar esta especie de *C. annuum, C. chinense* y *C. frutescens*; los resultados para este descriptor concuerdan con los planteamientos de Hunziker (1969), Heiser (1976), Casali y Couto (1984) y Mcleod et *al*. (1979).

El descriptor Constricción anular se encontró en la especie *C. chinense*, permitiendo diferenciar esta especie del complejo *annuum- chinense* y *frutescens*, confirmando lo planteado por Hunziker (1969), Heiser (1976) y Casali y Couto (1984); este descriptor juega un papel importante en la clasificación taxonómica del género.

Para el descriptor color de fruto en estado maduro se presentaron 9 categorías: Amarillo limón, Amarillo naranja pálido, Amarillo naranja, Naranja pálido, Naranja, Rojo claro, Rojo oscuro, Morado y Marrón; se evidenció la alta variabilidad inter e intra específica para este carácter. En las especies *C. annuum, C. chinense*, *C. frutescens* y *C. baccatum* el color predominante fue el rojo.

El descriptor forma de fruto presenta al igual que color de fruto una alta variabilidad intra específica, formas de fruto elongado, casi redondo, triangular, acampanulado en bloque y acorazonado, estuvieron presentes en *C. annuum, C. chinense* y *C. frutescens*, predominando para las dos primeras especies la forma elongada con 33% y 29% respectivamente; en *C. frutescens* la mayor proporción fue la forma casi redondo con un 37%, en *C. baccatum* además de presentarse las formas elongadas y casi redondo predominó con un 50% la forma acampanulado en bloque; *C. pubescens* presentó la forma casi redondo y acampanulado en bloque. Para el descriptor longitud de fruto *C. annuum* obtuvo en mayor proporción (75% de las accesiones) longitud entre 2.1-5.0cm al igual que *C. chinense (*66% de las accesiones); *C. frutescens* presentó longitud menor de 2.0cm (52% de las accesiones). *C. pubescens* presentó accesiones con longitud entre 5.1 a 8.0cm y *C. baccatum* presentó longitudes entre 2.1-8.0cm.

El descriptor Ancho de fruto presentó para *C. annuum, C. chinense* y *C. frutescens* las accesiones con frutos más anchos (>3.1cm). En *C. pubescens* se presentaron frutos entre 2.1- 5.0cm. El descriptor peso de fruto que está correlacionado con largo y ancho de fruto muestra variabilidad intraespecífica para las accesiones del complejo *annuum-chinense-frutescens*, presentándose en las tres especies con mayor frecuencia accesiones con peso entre 1-3g.

La gran variación en la forma, al igual que color de fruto permiten tener una amplia gama de posibilidades en un programa de mejoramiento con miras a obtener cultivares tipo "bell" o picantes que satisfagan las necesidades y gustos de los consumidores. Además el peso que está asociado a longitud y ancho de fruto es importante porque es posible seleccionar genotipos que cumplen con las condiciones de mercado (4-6cm de longitud y peso superior a 4.5g).

El descriptor Persistencia de fruto maduro predominó en la categoría resistente en pedicelo con el fruto al igual que en pedicelo con el tallo, características deseables desde el punto de vista de comercialización, ya que los frutos con pedicelo se conservan turgentes por más tiempo retardándose los procesos de deshidratación. La gran mayoría de las industrias procesadoras de ají prefieren los tipos que presentan pedicelo persistente, con el fin de eliminar impurezas en el momento de ser procesados.

Para el descriptor Color de semilla en todas las especies predominó el color amarillo en su tonalidad normal y clara, exceptuando la especie *C. pubescens* que presentó color negro concordando con lo reportado en la literatura. En general todas las especies presentaron semillas con diámetros entre 2 y 3mm, sin embargo en algunas accesiones de *C. annuum, C. chinense* y *C. frutescens* se presentaron semillas con diámetro superior a 4 mm.

En general la condición semiperenne que presentaron las accesiones es importante para realizar programas de mejoramiento y conservación, debido a la fructificación permanente.

El Dendrograma generado para todas las especies no logró discriminar por grupos las especies *C. annuum, C. chinense* y *C. frutescens*, similar a lo planteado por Pickersgill et *al* (1979) quien las postula como un cultigrupo en vía de diferenciación; sin embargo la caracterización morfoagronómica de las especies presentó variabilidad para los descriptores evaluados**.**

Caracterización bioquímica por isoenzimas

Se probaron 12 sistemas enzimáticos: ab-esterasa (ab-EST), diaforasa (DIAP), glutamato oxalacetato transaminasa (GOT), fosfatasa ácida (ACP), peroxidasa (PRX), fosfoglucomutasa (PGM), 6-fosfogluconato deshidrogenasa (6PGDH), shiquimato deshidrogenasa (SKDH), malato deshidrogenasa (MDH), enzima málica (ME), Alcohol deshidrogenasa (ADH) y superóxido dismutasa (SOD) con el propósito de evaluar la diversidad genética del género *Capsicum*; de estos sistemas enzimáticos se seleccionaron 5 por proporcionar mayor polimorfismo, resolución de bandas y repetibilidad en los resultados.

La caracterización bioquímica de la colección Amazónica colombiana del género *Capsicum,* se realizó mediante las enzimas GOT, ME, 6-PGDH, PRX y ab-EST.

En el análisis de correspondencia múltiple ACM (Figura 1) se observa separación de las accesiones pertenecientes a las especies *C. baccatum* y *C. pubescens* del complejo *annuum–chinense–frutescens*.

Al interior del complejo se pudo diferenciar 6 grupos (Figura 2), mostró discriminación y diferenciación, que se va marcando, entre los cultigrupos en el proceso de domesticación del complejo *annuum-chinense-frutescens,* probablemente como lo indicado por (Debouck and Libreros, 1996).

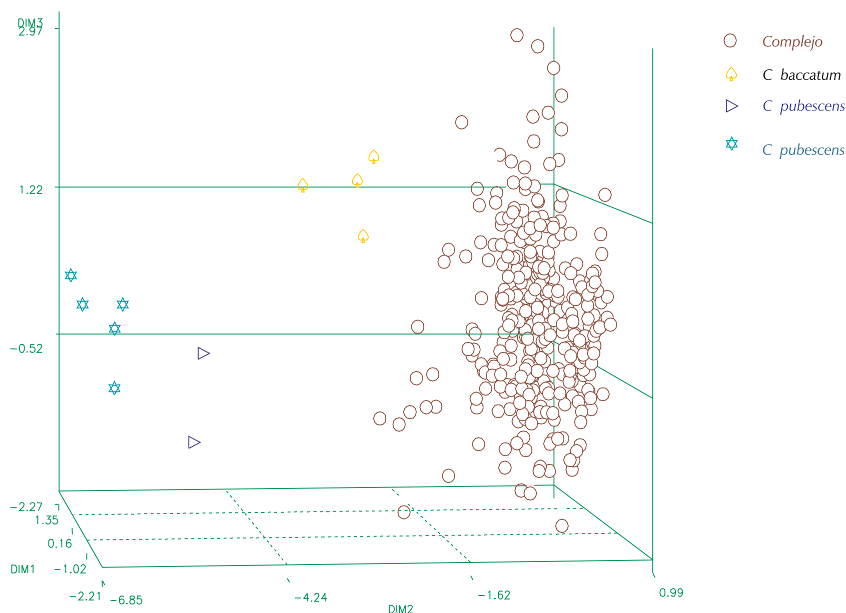


Figura 1. Análisis de Correspondencia Múltiple de la Colección Colombiana de *Capsicum* amazónico, derivado del análisis con isoenzimas. Fuente Melgarejo *et al.* 2000.

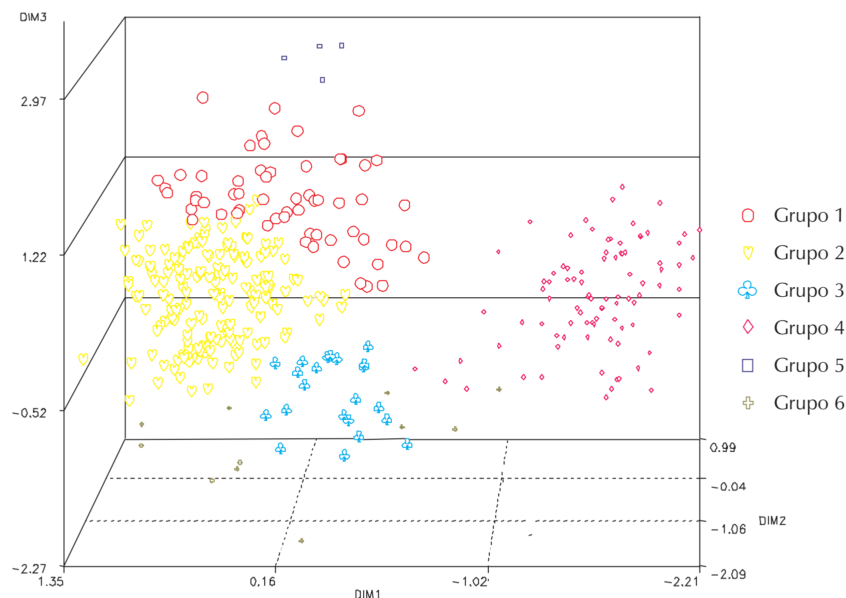


Figura 2. Análisis al interior del complejo *annuum–chinense–frutescens*. El grupo 5 corresponde a *C. frutescens*. Fuente Melgarejo *et al.* 2000.

La Heterogeneidad genética encontrada al interior de la colección fue: Ht= 0.26, Dst= 0.05, Hs=0.21 y Gst= 0.19, indicando así la baja diferenciación presente en el banco de germoplasma (la probabilidad de encontrar dos individuos diferentes es baja).

En general las accesiones del banco de germoplasma se separan en 4 grupos (Figura 3) conformados por las especies cultivadas *C. baccatum, C. pubescens,* el cultigrupo *frutescens* de la especie *C. annuum* (Debouck and Libreros, 1996) y un grupo mayor, con subdivisiones, conformado por accesiones pertenecientes al complejo *annuum – chinense – frutescens*.

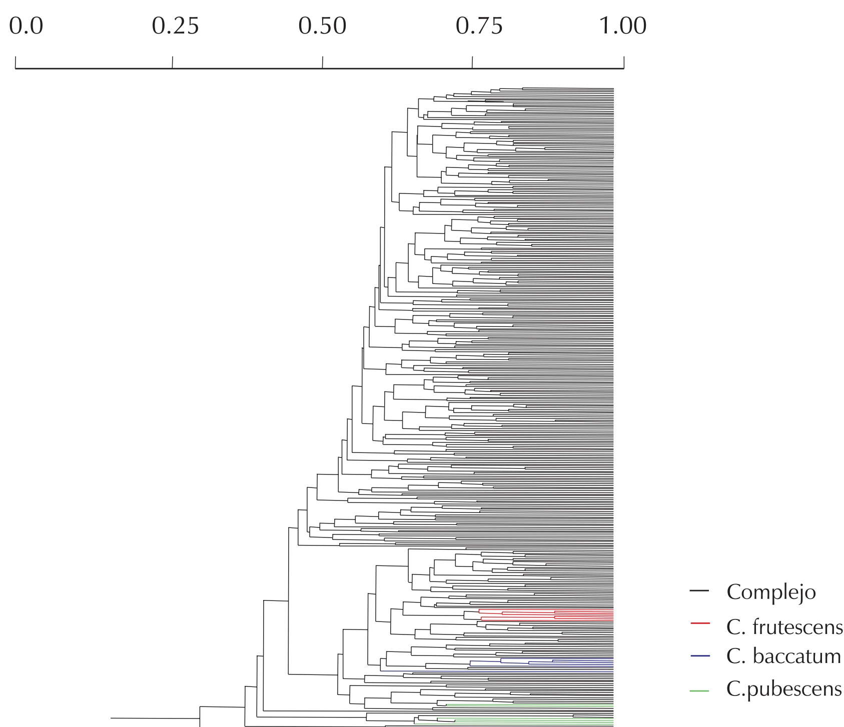


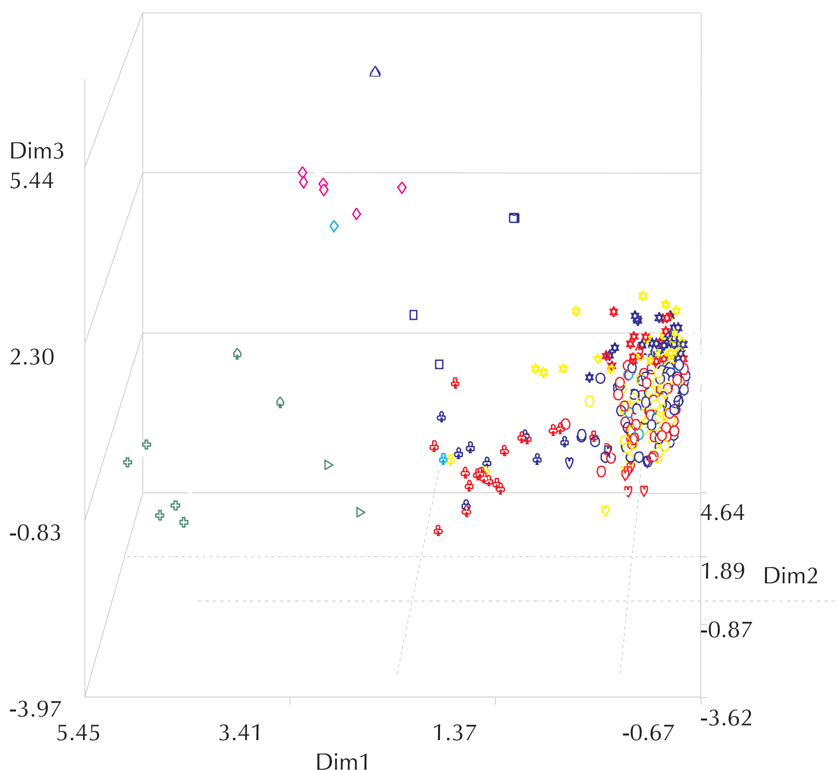
Figura 3. Análisis de similaridad bajo el índice de Dice, para la colección Amazónica Colombiana. Caracterizada bioquímicamente.

Caracterización molecular por AFLP

Con el método de Dellaporta (1983) modificado se obtuvo ADN puro, con alto rendimiento y de buena calidad. Las cantidades de ADN cuantificadas en el fluorómetro oscilaron en concentraciones desde 98 ng/ml hasta 1.600 ng/ml en un volumen final de 100-300ml de buffer TE.

Para la caracterización del banco se seleccionó la combinación de cebadores EAGC/MCAG ya que detectaba bandas específicas para 3 de los 4 grupos conformados en el primer análisis, correspondientes a *C. chinense*, *C. baccatum* y *C. pubescens*; esta combinación tuvo un porcentaje de monomorfismo del 9%. El análisis AFLP de las accesiones de *Capsicum* usando la combinación originó un total de 137 bandas de las cuales 135 fueron polimórficas (98.5%).

Análisis de Correspondencia Múltiple mostró a conformación de 11 grupos (ocho grupos bien definidos y tres individuos sueltos) con un R^2 de 0.885 lo cual representa el 88.5% de la variabilidad total.



Representación de la especie: *C. chinense* (color amarillo), *C. frutescens* (color rojo), *C. annuum* (color azul), *C. baccatum* (color fucsia), *C. pubescens* (color verde), *C.sp*(color verde agua marina)

Grupo 1 ○ , grupo 2 ♡ , grupo 3 ♧ , grupo 4 ◇ , grupo 5 ✡ , grupo 6 ✙ , grupo 7 □ , grupo 8 ♤ , grupo 9 ▷ , grupo 10 , grupo 11 .

Figura 4: ACM por AFLPs de la colección de *Capsicum* amazónico.

El análisis de la gráfica ACM en cada una de sus dimensiones, muestra claramente la separación entre los grupos. Con la primera dimensión se establecieron diferencias bien marcadas entre los grupos 1 y los grupos 4, 6, 8 y 9. La dimensión dos permitió separar los grupos 6, 8 y 9 del grupo 3, mientras que con la dimensión tres se logró separar los individuos del grupo 4.

Los grupos 1, 2, 3 y 5 aunque presentan diferencias, se observa que son los grupos más relacionados genéticamente. En la figura 4 se resalta que tanto en la primera como en la segunda dimensión, existen individuos muy cercanos que permiten cierta continuidad entre estos grupos, lo cual sugiere la probable existencia de flujo genético entre ellos.

Los individuos de los grupos 6, 8 y 9 (accesiones de la especie *C. pubescens*) se diferencian claramente de los otros grupos. Las dimensiones más importantes (uno y dos), revelan que estos grupos son los más alejados del conjunto total.

Con el ACM se logró establecer diferencias significativas entre los ocho grupos principales, encontrando que los grupos 6, 7 y 8 (*C. pubescens*) son los más diferenciados, seguido por el grupo 4 (*C. baccatum*), y los subgrupos del complejo *annuum-frutescens-chinense* (Figura 4). Los grupos 1, 2, 3 y 5 forman un grupo alejado de los anteriores, pero muy relacionado entre ellos. Esto concuerda con lo expuesto por Pickersgill (1971), quien asegura que *C. pubescens* es la especie morfológicamente más distinta y aunque es simpátrica con el resto de las especies domesticadas está aislada reproductivamente. Así mismo, este autor sugiere un distanciamiento entre las especies *C. baccatum* y las especies del complejo *annuum-frutescens-chinense*, a raíz de la baja viabilidad en las poblaciones F_1 de híbridos interespecíficos.

Lo anterior concuerda con el tratamiento dado al género por Eshbaugh (1980) y McLeod *et al*. (1983), quienes sugieren que hubo tres líneas independientes de evolución que dieron origen a las especies domesticadas: la primera que correspondería a *C. baccatum*, la segunda a la especie *C. pubescens* y la tercera la que dio origen al complejo formado por *C. annuum, C. chinense* y *C. frutescens*.

Para el Análisis de Similaridad Genética se construyó un dendrograma fenético(Figura 5) basado en la matriz de datos entre las distintas accesiones de *Capsicum*. El índice de similaridad fue calculado a partir de la definición de similaridad de Nei-Li (1979).

En el fenograma obtenido se distinguen cuatro grupos principales similares a los conformados con el ACM. En el primer grupo se distinguen los individuos que morfológicamente pertenecen a la especie *C. pubescens*. El segundo grupo lo conforman accesiones con características propias de la especie *C. baccatum*. El tercero está compuesto por accesiones que pertenecen a dos especies muy relacionadas *C. annuum y C. frutescens* y el cuarto grupo es un conjunto de materiales, que pertenecen al complejo *C. annuum-frutescens-chinense* (Figura 5).

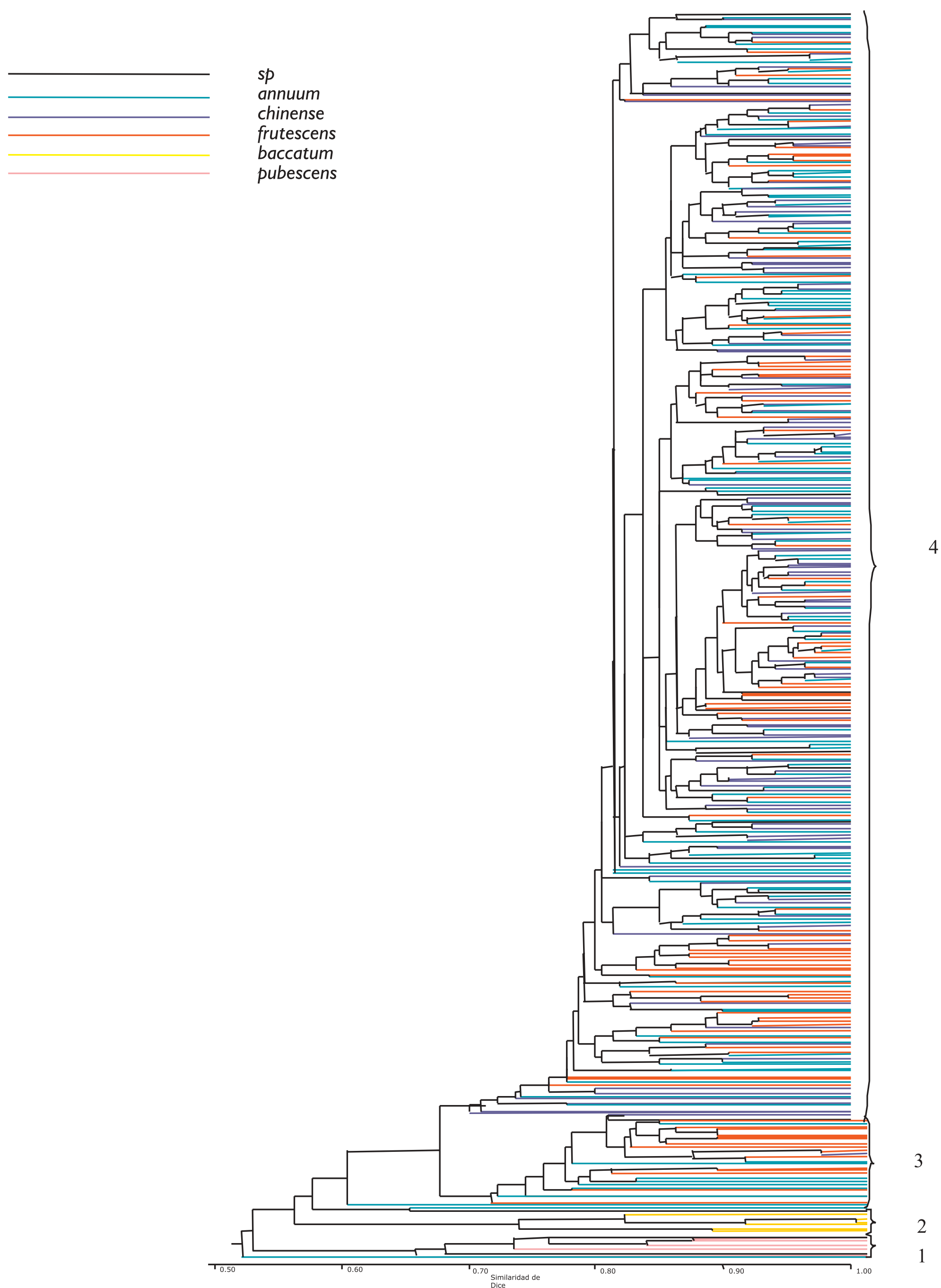


Figura 5. Dendrograma por AFLP del banco de germoplasma de ají amazónico.
Fuente Melgarejo *et al* 2000.

El grupo 1 (*C. pubescens),* se desprende del árbol a un porcentaje de similaridad del 66% es el grupo más alejado, igual a lo visto con el ACM. Se observa que las accesiones colectadas en el alto Putumayo junto a la accesión CS-84 forman un grupo mientras que la accesión CS-264 se haya separada a un porcentaje de similaridad del 66 %, esto sugiere que los materiales del Putumayo provienen de una población común o que de cierta manera hay un intercambio genético entre estos materiales.

El grupo 2 (*C. baccatum)* se desprende del árbol a un porcentaje de similaridad del 72%, tiene seis ejemplares que corresponden tres de ellos a entradas de referencia y tres colectadas en el departamento del Amazonas (CS-170, CS-172 Y CS-183), lo cual apoya lo expuesto por Eshbaugh (1993), quien dice que esta especie es más común en Bolivia, Perú y en algunas partes de Paraguay, norte de Argentina y sur de Brasil.

El grupo 3 conformado por accesiones de las especies *annuum-frutescens* se desprende a un porcentaje de similaridad del 70%, dato muy cercano al obtenido en el estudio realizado por Prince *et al* (1995) donde el porcentaje de similaridad para este grupo fue de 66%.

El grupo 4 es el más numeroso y a su interior presenta algunos subgrupos bastantes definidos, se desprende a un porcentaje de similaridad del 72% esta rama contiene los materiales de referencia CS-262 y CS-263 pertenecientes a la especie *chinense* el resto de accesiones son del complejo. La razón de estos subgrupos no está clara; sin embargo, algunos tienden a formarse por especies, otros por la etnia de donde provienen y también siguiendo patrones geográficos tales como el grupo 5 conformado en el análisis de correspondencia múltiple.

Estudios previos muestran accesiones de *C. chinense* a un porcentaje de similaridad de 55%, esta mayor variabilidad se debe a que los materiales provienen de diferentes países donde las barreras son marcadas, además la técnica molecular utilizada fue los RFLPs (Prince et la 1995).

De acuerdo a lo anterior el complejo de especies *C. annuum, C. chinense* y *C. frutescens* conforman los dos últimos grupos dentro de las accesiones evaluadas, el grupo 3 constituido principalmente por individuos de las especies C. *annuum* y *frutescens*, y el grupo 4 con ejemplares de todo el complejo. Estos resultados indican que estas especies determinadas morfológicamente no tienen una estructura clara que determine su separación y por lo tanto sugieren tratarlas como morfotipos de una misma especie que por barreras geográficas tienden a separarse (Loaiza-Figueroa *et al*. 1989).

Análisis de la diversidad genética mostró que los valores promedios de diversidad fue baja dentro de cada uno de los grupos. De la misma manera la variación total dentro y entre grupos demostró que solo el 18.9% de la variabilidad genética existe como variación entre grupos indicando que son homogéneos, considerando los grupos conformados solo con las accesiones del complejo; de otro modo, si se tiene en cuenta el Gst con todas las especies (23.3%) las diferencias que los separan son más marcadas; confirmando

este resultado está el His para el grupo 4 (*C. baccatum*) el cual fue el más alto. Esto sugiere que los grupos conformados para el complejo hacen parte de un acervo genético continuo, donde el intercambio genético dentro de materiales de diferentes grupos es muy probable y el aporte a la diversidad entre grupos de las especies *baccatum* y *pubescens* es importante

Entre las posibles razones de baja diversidad en la Amazonía se tiene: 1) la ubicación de los diferentes grupos étnicos y el intercambio que se realiza entre comunidades, en la cual las semillas son llevadas de una comunidad a otra por las mujeres cuando éstas contraen matrimonio con hombres de otras etnias. 2) El efecto "cuello de botella" o deriva genética a la que se ven sometidas debido a la práctica de seleccionar unos pocos frutos de algunas plantas para la siguiente siembra.

Caracterización fisiológica de semillas

Se realizó con el fin de determinar las condiciones óptimas de almacenamiento a bajas temperaturas. Se demostró que las semillas presentan comportamiento ortodoxo, tolerando condiciones de desecación hasta niveles de 5% de contenido de humedad, así como su capacidad para soportar bajas temperaturas de conservación 10 y –20°C como lo demuestra sus valores de viabilidad superiores al 90%.
Almacenamiento de las semillas en empaques herméticos (bolsas de aluminio) a -20°C y 15°C, mostraron que la humedad relativa dentro de la bolsa aumenta así como la humedad de la semilla, esto indica la necesidad de conservar el germoplasma a largo plazo en bolsas de aluminio empacadas al vacío.

El análisis de varianza reveló interacción significativa entre especie vs contenido de humedad, indicando que las especies del mismo género, responden diferencialmente a tratamientos de secado, induciendo niveles variables de latencia (baja germinación) más no en viabilidad (> 90%).
Se presentaron diferencias significativas en viabilidad respecto al tipo de secamiento natural a la sombra (92%) y secamiento al sol (88%). No se presentaron diferencias significativas con secamiento artificial sobre Sílica gel. El método de secamiento que menos afecta la calidad, vista como germinación, viabilidad y capacidad de conservación es el secado a la sombra como lo demuestra la prueba de vigor.

Etnobotánica del género Capsicum en la región amazónica colombiana

El trabajo hizo un aporte informativo sobre el papel que desempeña el ají en la tradición cultural de las comunidades indígenas en la Amazonia Colombiana (Arias y Melgarejo, 2000; Melgarejo *et al*. 2000); su manejo, usos, formas de preparación e historias de la tradición oral como representación de la importancia que esta planta ejerce dentro del desarrollo de las comunidades de la amazonia colombiana.
Se realizó investigación en campo con comunidades del departamento de Guainía, ríos Inírida y Atabapo, y en el departamento del Amazonas, comunidades Uitoto asentadas en cercanías a Leticia, en donde se realizaron entrevistas semiestructuradas con los

capitanes, conocedores y cultivadores de ají en cada comunidad. Se compiló historias de la tradición oral y formas culturales de preparación y consumo del ají.
Al 63.5% de las accesiones les fue reconocido nombre común en lengua indígena y al 88. 9% en español. Los nombres comunes en español de las 377 accesiones a las que les fue reconocido, se agrupan en 116 nomenclaturas diferentes; las 268 accesiones con nombres indígenas reconocidos se agrupan en 179 categorías nominales.
A pesar de la amplitud y la diversidad de nombres registrados, existe poca coincidencia con los nombres reportados para los mismos grupos étnicos. Son varios los estudios que señalan la diversidad en las formas de los ajíes que cada comunidad reconoce y cultiva, lo cual varía de acuerdo a la especie o a las características morfológicas intra específicas de color, forma, sabor, pungencia o hábito, entre otras. Según Garzón y Macuritofe(1992), gracias a que el ají es un cultígeno básico para la alimentación, su consumo ha llevado a la sofisticación en la variedad y calidad de las especies, presentándose casos como el reportado por Vélez & Vélez (1992), quienes reconocen el cultivo de 26 ecotipos diferentes de *Capsicum chinense* en chagras de varias comunidades del Medio Caquetá.
Al 93.4% de las muestras colectadas se les logró definir alguna utilidad, siendo la gran mayoría empleadas como especia o condimento (90.0 %) con procesos previos de preparación para acompañar las comidas. En menor proporción se utilizan los frutos frescos en forma de hortaliza (22.5 %), como medicina (4.03 %) y para otro tipo de usos el 3.08 %.

Se reconocieron varias propiedades medicinales para el ají, algunas de las cuales son constantes para varios grupos étnicos, en tanto que otras son de uso y conocimiento restringido. Las aplicaciones pueden variar desde aliviar gripas hasta curar enfermedades mentales. Se ha reconocido el ají como elemento protector y curativo a nivel bioenergético y metafísico (Henao 1989, Vélez 1991). En muchos tratamientos medicinales se emplea el ají rezado por el chamán (La Rotta 1982, 1983) usándolo en procesos curativos.
En el departamento del Guaviare, algunos colonos y Sikuani, emplean el ají molido y rezado para controlar plagas que se comen los cultivos en los conucos o chagras.

A nivel mundial, el ají se usa en estas y otras formas, pero con un aspecto mucho más amplio y tecnificado como en la obtención de oleorresinas, para la producción de repelentes y gases lacrimógenos, en la industria alimenticia, principalmente en la elaboración de carnes, como especia y condimento, como controlador biológico (Vélez, 1991), y para extracción de metabolitos de importancia farmacológica como capsaicina.

Base de datos

En la actualidad se dispone de base de datos, alfanumérica en ACCESS 97 y geográfica en ILWIS 2.23, con los resultados obtenidos en esta fase I del proyecto. Mapas digitalizados en que se ubican cada una de las accesiones georreferenciadas.

De la misma manera y con la fase II del proyecto se construyó una base de datos, en ACCESS, que reúne información tanto del banco de germoplasma custodiada por el Instituto Sinchi, como del banco de germoplasma custodiado por Corpoica (Información organizada por Natalia Espinosa)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, J. y Melgarejo, L. M. 2000. Ají. Historia, diversidad y usos. Instituto Amazónico de investigaciones científicas Sinchi. Minambiente y Colciencias. 29 p.

Casali, V.W.,. Couto, F.A.A. 1984. Origem e botanica de *Capsicum*. Informe Agropecuario Belo Horizonte. **10:** 8-10.

D'Arcy, W.A., Eshbaugh, W.H. 1974. New world peppers (*Capsicum*-Solanaceae) north of Colombia. Baileya. **19:** 93-105.

Debouck, D. y Libreros, D. 1996. Salsa picante o una breve historia del ají (*Capsicum*) en Colombia. En: Memorias V Seminario sobre recursos vegetales promisorios, Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Vol 1, p. 1-18.

Dellaporta, S.L., Wood, J., Hicks, J.B. 1983. A plant DNA minipreparation: Version II. Plant Molecular Biology Reporter. **1:** 19-21.

Eshbaugh, W.H. 1980. The taxonomy of the genus *Capsicum* (Solanaceae). Phytologia. **47:** 153-167.

Eshbaugh, W.H. 1993. History and explotation of a serendipitous new crop discovery. *In:* J. Janick and J. E. Simon (eds.) New crops, New York. pp. 132-139.

Garzón, C., Macuritofe, V. 1992. La noche, las plantas y sus dueños. Aproximación al conocimiento botánico en una cultura amazónica. Corporación Colombiana para la Amazonia - Araracuara, Bogotá, Colombia, pp. 292.

Heiser, C.B.J. 1976. Peppers *Capsicum* (Solanaceae). *In:* N. W. Simmons (ed.) Evolution of Crop Plants, Longman, London. pp. 265-268.

Heiser, C.B.J., Pickersgill, B. 1969. Names for the cultivated *Capsicum* species (Solanaceae). Taxon. **18:** 277-283.

Henao. L, 1989. Interpretación etnobotánica del mito del "Arbol de las frutas" en la tradición oral Uitoto como modelo de domesticación de las plantas en la Chorrera (Amazonas)-Universidad Javeriana, Santa Fé de Bogotá.

Hunziker, A.T. 1969. Estudios sobre Solanaceae. V. contribución al conocimiento de *Capsicum* y géneros afines (Witheringia, Acnistus, Athenaea, etc.). Kurtziana. **5:** 101-179.

IBPGR. 1983. Genetic Resources of *Capsicum*. IBPGR Secretariat Rome, Italy (Rome). pp. 49.

LaRotta, C. 1982. Estudio etnobotánico de la comunidad Miraña Amazonas - Colombia. Corporacion Araracuara COA, Santa Fé de Bogotá, pp. 200.

LaRotta, C. 1983. Observaciones etnobotánicas sobre algunas especies utilizadas por la comunidad indígena Andoque (Amazonas-Colombia)-Universidad Nacional de Colombia, Santa Fé de Bogotá

Loaiza, F.F., Rittland, K., Laborde, J.A., Tankley, S.D. 1989. Patterns of genetic variation of *Capsicum* (Solanaceae) in Mexico. Pl. Syst. Evol. **165:** 159-188.

Mcleod, M.J., Eshbaugh, H., Guttman, S.I. 1979. An electrophoretic study of *Capsicum* (Solanaceae) : The purple flowered taxa. Bulletin of the Torrey Botanical Club. **106:** 326-333.

McLeod, M.J., Eshbaugh, W.H., Guttman, S.I. 1979. A preliminary biochemical systematic study of the genus *Capsicum-Solanaceae*. *In:* J. G. Hawkes, R. N. Lester and A. D. Skelding (eds.) The Biology and Taxonomy of the Solanaceae, vol. 7, New York. pp. 701-714.

Mcleod, M.J., Guttman, S.I., Eshbaugh, W.H., Rayle, R.E. 1983. An electrophoretic study of evolution in *Capsicum* (Solanaceae). Evolution. **37(3):** 562-574.

Melgarejo, L., Rodriguez, F., Giraldo, M., Cardona, G., Celis, M. y Arias J.2000. Caracterización morfológica, bioquímica y molecular de especies promisorias de la Amazonía Colombiana pertenecientes al género *Capsicum* para su conservación y uso. Informe entregado a Colciencias. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI. Informe COLCIENCIAS. 121 p.

Nei, M., Li, W.H. 1979. Mathematical model for studying genetic variations in terms of restriction endonucleases. Proceedings of the National Academy of Sciences. **76:** 5269-5273.

Pickersgill, B., 1971. Relationship between weedy and cultivated forms is some species of chili peppers (genus *Capsicum*). Evolution. **25:** 683-691.

Pickersgill, B. 1994. From descriptors to DNA: new tools and new taks in the evaluation of genetic resources. Evaluation and exploitation of genetic resources pre-breeding, Proceedings of the genetic resources section meeting of Eucarpia. France. pp. 1-10.

Pickersgill, B., Heiser, C.B.J., Mcneill, J. 1979. Numerical taxonomy studies on variation and domestication in some species of *Capsicum*. *In:* J. W. Hawkers, R. N. Lester and A. D. Skelding (eds.) The Biology and Taxonomy of the Solanaceae. Academic Press, New York. pp. 679-700.

Prince, J.P., Lackney, V.K., Angeles, C., Blauth, J.R., Kyle, M.M. 1995. A survey of DNA polymorphism within the genus *Capsicum* and the fingerprinting of pepper cultivars. Genome. **38:** 224-231

Toquica, S., Rodríguez, F., Martínez, E., Duque, M. C., Tohme, J. 2003. Molecular characterization by AFLPs of Capsicum germplasm from the Amazon department in Colombia. Genetic Resources and Crop Evolution 50: 639-647

Velez, G.A.O., Velez, A.J.G. 1992. Sistema agroforestal de “chagras” utilizado por las comunidades, Santa Fé de Bogotá.

Vélez, J. 1991. El Ají (*Capsicum chinense* Jacq.), patrimonio cultural y fitogenético de las culturas amazónicas. *In:* L. Munévar (ed.) Colombia Amazónica, vol. 5. Corporación Colombiana para la Amazonía -Araracuara- (COA), Santa Fé de Bogotá. pp. 161-185.

CAPITULO II

CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE FRUTOS DE AJI AMAZÓNICO, CARACTERIZACIÓN FISIOLÓGICA Y BIOQUIMICA

Hernández María Soledad[1], Melgarejo Luz Marina[2], Barrera Jaime Alberto[1], Aponte Ligia[1], Carrillo Marcela[1]
[1] Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI
[2] *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología*



Figura 1. Diferentes formas de frutos de ají amazónico

El fruto es la estructura resultante de la transformación de la flor como consecuencia del desarrollo de los tejidos que soportan los óvulos de la planta. Después de la polinización de la flor, los primordios seminales dan lugar a semillas y el ovario sufre una serie de divisiones celulares que lo convierten en una estructura carnosa. Cuando las células del ovario empiezan a dividirse, iniciando el crecimiento del fruto, se habla de que el fruto ha cuajado.

Los frutos de ají son bayas de forma globosa, rectangular, cónica, alargada o redonda y de tamaño variable (Figura1); el cuerpo del fruto presenta una superficie suave, frecuentemente asurcada y con depresiones o rugosidad transversal. Su color en estado

inmaduro es verde, morado, amarillo (en varios tonos), blanco y naranja y en estado maduro rojo (en varios tonos), púrpura oscuro, amarillo, naranja, café, negro, castaño o pardo oscuro de pendiendo de la variedad (Nuez y Costa, 1996).

La caracterización fisiológica y bioquímica de frutos de ají amazónico se realizó en las accesiones CS-032 *C. annuum*, CS-049 *C. annuum*, CS-219 *C. annuum*, CS-170 *C. baccatum*, CS-376 *C. frutescens* y CS-003 *C. chinense*, cultivadas en fincas de productores bajo condiciones de Leticia, Colombia.

CARACTERIZACION FISIOLÓGICA Y BIOQUÍMICA

Análisis de crecimiento

El peso fresco de los frutos de ají (Figura 2) de las 6 accesiones presenta una cinética de crecimiento sigmoidea simple, en la cual se pueden distinguir tres etapas: Primera fase de crecimiento que va desde el día 0 hasta el día 13 de desarrollo, caracterizada por un ligero aumento de tamaño ocasionado por la división celular. Segunda fase de crecimiento rápido desde el día 14 hasta el día 33 provocado por un aumento del tamaño de las células y sus vacuolas y el comienzo de acumulación de ácidos orgánicos, azúcares y otros componentes; en esta fase la velocidad de crecimiento es máxima. Tercera fase de crecimiento lento desde los 34 días hasta la madurez final, en el que el incremento de peso es pequeño y donde se producen los cambios característicos de la maduración (Leopold, 1975).

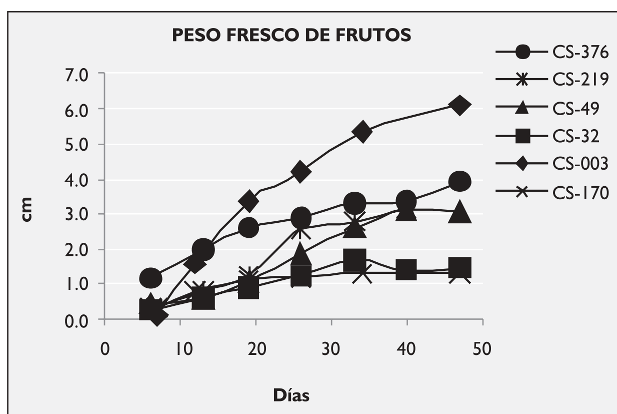


Figura 2. Evolución del peso fresco de los frutos durante su desarrollo.

En las accesiones CS-170 y CS-049, se observó un período de reposo durante el desarrollo, para luego continuar el aumento en peso fresco. El peso fresco de los frutos hacia el final del ciclo de desarrollo se observa en la tabla 1.

	CS -003	CS -032	CS -049	CS -170	CS -219	CS -376
Parcela de productores	5.46	1.34	3.71	1.68	3.73	3.58
Sinchi	5.61	1.36	3.24	1.63	2.99	2.91

Tabla 1. Peso promedio de fruto, en gramos, de las accesiones de ají amazónico en parcelas de productores y en la parcela implementada en el Instituto SINCHI.

El peso seco de los frutos (Figura 3) en su comportamiento coincide con lo observado para el peso fresco de frutos de las mismas accesiones, confirmando, que los frutos de mayor tamaño son los frutos de la accesión CS-003. Los frutos de las accesiones CS-049, 219 y 376 presentan pesos promedios de 0.3 g. En todos los casos el peso seco promedio de los frutos al final del desarrollo corresponde a un 10% del peso fresco total. La recolección de los frutos de ají de las accesiones seleccionadas puede realizarse en el momento en el que los frutos alcanzan el máximo tamaño, esto es máxima acumulación de peso seco.

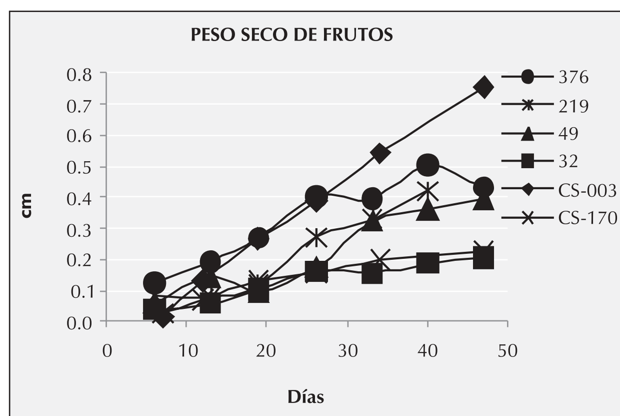


Figura 3. Evolución del peso seco de los frutos durante su desarrollo.

Cinco semanas después del cuajamiento, los frutos de las seis accesiones han alcanzado cerca del 75% de su longitud final. El máximo crecimiento de los frutos en cuanto a diámetro transversal se refiere, ocurre en la segunda fase de crecimiento, este aumento se da como resultado de la elongación celular y de la acumulación de fotosintetatos donde el principal carbohidrato es la sacarosa. En la última etapa también se completa el proceso de maduración del fruto y el inicio de la senescencia.

Los frutos de las accesiones CS-219, 032, 049, 376 y 170 presentan diámetros transversales de 1.5 cm en promedio (Figura 4), mientras que los frutos de la accesión CS-003 presentan diámetros mayores en un 50% comparado con las demás accesiones, confiriéndole una forma aovada al fruto. Similar apariencia tienen los

frutos de la accesión CS-032. Por el contrario, las accesiones CS-219, 170, 376 y 049 presentan una forma tubular, en los cuales el diámetro transversal siempre corresponde a una tercera parte del diámetro longitudinal.

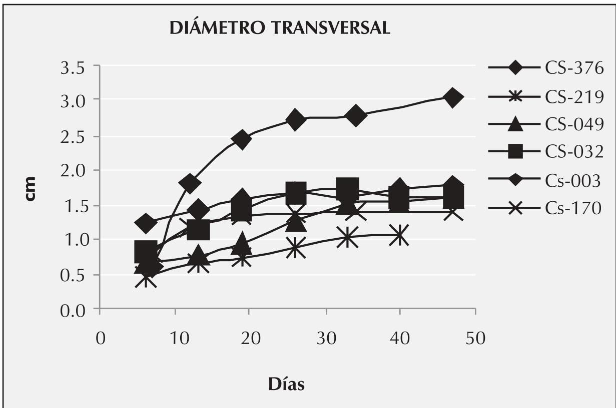


Figura 4. Evolución del diámetro transversal de los frutos durante su desarrollo.

Los frutos de mayor diámetro longitudinal (Figura 5) son los frutos de la accesión CS-219 con cerca de 8 cm al final del desarrollo. Los frutos de las accesiones CS-049 y 376 presentan longitudes cercanas a 4 cm y son los frutos que presentan tamaños promedios mayores, junto con la accesión CS-219. Los frutos de las accesiones CS-032 y CS-170 presentan diámetros longitudinales menores a 2 cm, lo que los hace frutos pequeños, de peso promedio cercano a 1 g y con menor potencial para su comercialización como fruto fresco.

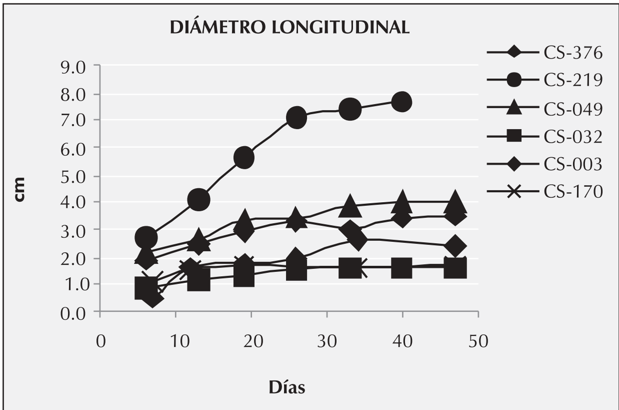


Figura 5. Evolución del diámetro longitudinal de los frutos durante su desarrollo.

Los frutos de ají de las accesiones seleccionadas presentaron volúmenes entre 2 y 8 mL (Figura 6), siendo los frutos de la accesión CS-003 los que presentan el mayor volumen y los frutos de la accesión CS-032 los de menor volumen, guardando correspondencia con las respuestas encontradas para peso fresco y peso seco. La curva de evolución de volumen presenta un patrón sigmoide simple, al igual que las encontradas para el peso fresco y seco.

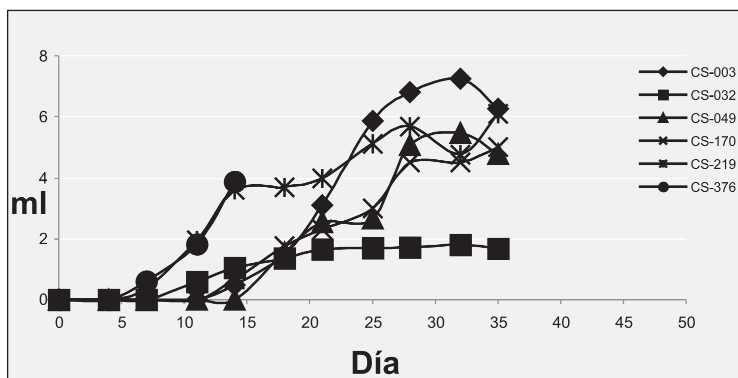


Figura 6. Evolución del volumen de los frutos durante su desarrollo

Los valores de máximo volumen y crecimiento en pesos seco y fresco se encuentran alrededor del día 40 de crecimiento, tras 5 semanas del desarrollo.

Si bien los frutos de algunas accesiones resultan de mayor talla en la época de mayor pluviosidad, caso de las accesiones CS-003 y 376, el tiempo transcurrido entre la antesis y la maduración es de 10 días mas en el semestre II de producción, con respecto al semestre I. Esta respuesta puede ser explicada en parte por factores climáticos o por edad de la planta, es decir, tras la madurez fisiológica de la planta, se inicia la etapa de senescencia, la cual trae como consecuencia, ciclos productivos de mayor duración y en algunos casos frutos de menor tamaño.

Características bioquímicas y fisiológicas asociadas al desarrollo reproductivo de los frutos

La maduración de un fruto es un proceso fisiológico y bioquímico irreversible, que está bajo control genético y hormonal, comprendido entre las fases de crecimiento (alta división celular) y senescencia; este proceso acompañado por múltiples cambios a nivel celular, más que por un aumento de tamaño, proporciona las características óptimas para su consumo (Wills *et al.*, 1998; Seymour et al., 1993). La etapa de maduración requiere de la síntesis de nuevas proteínas y ARNm, así como de nuevos pigmentos y componentes de sabor, procesos anabólicos que requieren de energía y esqueletos carbonados, los cuales son proporcionados mediante la respiración (Seymour *et al.,* 1993).
La respiración es uno de los principales procesos fisiológicos que se presentan en un producto cosechado o en cualquier parte de la planta; puede describirse como la

degradación oxidativa de materiales como almidón, azúcares y ácidos orgánicos, para la producción de energía y otras moléculas usadas en reacciones de síntesis. La tasa respiratoria es un excelente indicador de la actividad metabólica de los tejidos, por lo que proporciona una guía útil para la vida potencial de almacenamiento del producto (Wills *et al.*, 1998).

Actividad respiratoria

Los frutos de ají de la accesión CS-003 presentó una actividad respiratoria alta al inicio del desarrollo del fruto (Figura 7), a partir del día 20 la respiración disminuyó y no se presentó ningún incremento durante la maduración, sugiriendo que los frutos de la accesión CS-003 son de tipo no climatérico, lo cual coincide con los niveles no detectables de etileno.

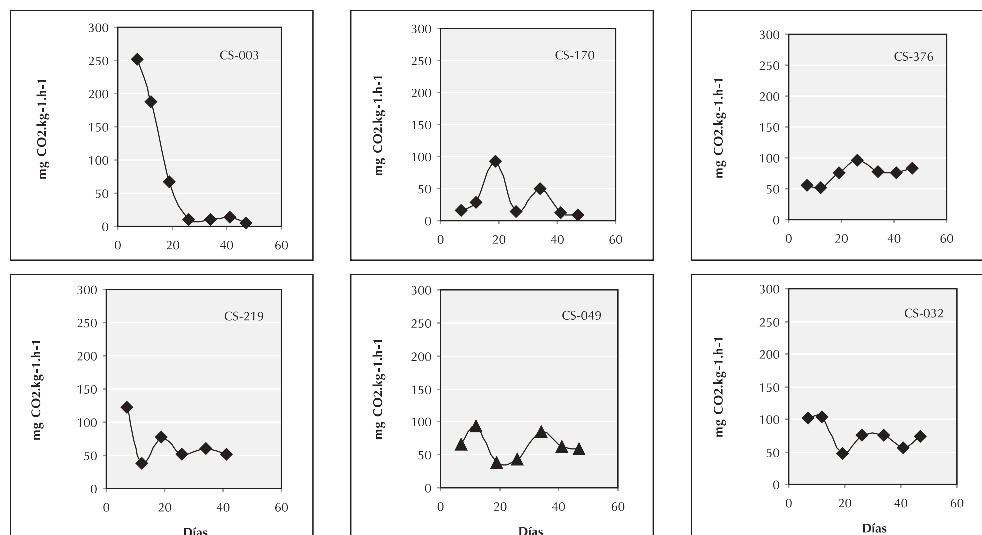


Figura 7. Actividad respiratoria en frutos de ají amazónico de las accesiones (CS-003, CS-70, CS -376, CS-219, CS-049 y CS-032

Los frutos de ají de la accesión 170 mostraron actividad respiratoria baja desde el inicio del desarrollo (Figura 7), el incremento se dio entre los días 10 y 20, posteriormente la actividad respiratoria disminuyó de manera constante, con un leve incremento, que no puede ser considerado un climaterio. Estos resultados hacen presumir que la accesión 170 es de tipo no climatérico.

Los frutos de ají de la accesión 219 (Figura 7) presentaron una baja intensidad respiratoria desde el inicio del desarrollo, los niveles de producción de CO_2 medidos en $mg.Kg^{-1}.h^{-1}$ se mantuvieron por debajo de 100mg, lo cual se encuentra estrechamente relacionado con una larga vida de poscosecha. No se encontró ningún aumento de la intensidad respiratoria durante la maduración del fruto, lo cual permitió clasificarlo como un fruto

no climatérico. Los niveles de etileno no fueron detectables ni durante el desarrollo, ni durante la maduración del fruto.

De manera similar la accesión CS-049 (Figura 7) presentó una intensidad respiratoria baja durante todo el desarrollo. La intensidad respiratoria máxima no superó los 100 CO_2 $mg.Kg^{-1}.h^{-1}$ y no se presentó ningún incremento durante el período de maduración al igual que las accesiones CS-170, 003 y 219.

Los frutos de ají de las accesiones CS-376 y 032 (Figura 7) mostraron actividades respiratorias bajas desde el inicio del desarrollo. No se encontró aumento respiratorio durante la maduración del fruto y al igual que las otras 4 accesiones no fue detectable el etileno.

El comportamiento exhibido por las 6 accesiones de ají amazónico permiten clasificar sus frutos como no climatéricos, frutos no-climatéricos son los que no presentan maduración extensiva después de ser cosechados y cuyo patrón de respiración podría cambiar lentamente después de esto; los ajíes en general han sido clasificados como no climatéricos (Salveit, 1993). El término climatérico inicialmente implicó solamente frutos con respiración incrementada, pero la producción de etileno, junto con la producción de CO_2, es ahora aceptada como un criterio para identificar frutos climatéricos. El patrón no climatérico observado en las accesiones evaluadas hace recomendable realizar la recolección cuando se ha completado el color final característico de cada accesión, que coincide con el final de la maduración, y en el caso de la accesión CS-032 se sugiere considerar el cambio de color del ápice a tono rojo como el momento de recolección del fruto.

Ninguna de las accesiones incluidas presentó niveles detectables de etileno, ni durante el desarrollo, ni durante la maduración, lo cual coincide con el bajo patrón respiratorio y larga vida de poscosecha. Esta característica de los ajíes amazónicos es contraria a los reportes existentes para cultivares comerciales, como es el caso de los ajíes Tabasco y Chiltepín (Villavicencio, *et al* 2001), o a lo encontrado por Tadesse *et al.*2002; pero es coincidente con los reportes de ajíes no-climatéricos por autores como Salveit, 1977; Pretel *et al*., 1995; Kuntz *et al*., 1998 citados por Villavicencio *et al*, 2001). Villavicencio *et al*, 2001 consideran que quizá los ajíes constituyen un grupo intermedio entre frutos climatéricos y no climatéricos originados como una consecuencia de prácticas de selección y reproducción en que cada cultivar podría tener un modelo particular de expresión de características tales como evolución de etileno y CO_2 durante la maduración. De la misma manera se han reportado como diferenciales (Krajayklang *et al.*, 2000). La variabilidad de respuestas parece estar influenciada por factores genéticos de la especie y del cultivar, por su pungencia y por factores medio ambientales como condiciones de crecimiento de las plantas ya sea en invernadero o en campo (Villavicencio et al.2001).

Pretel et al., (1995), sugieren que en frutos de *Capsicum* no climatéricos, no hay regulación de la maduración, por parte del etileno, lo que coincide con el comportamiento presentado por las accesiones estudiadas.

Color

El mayor manifiesto entre los cambios experimentados por muchas frutas durante la maduración y con frecuencia el más importante de los criterios utilizados por los consumidores para decidir si la fruta está o no madura es el del color, el aspecto más común a estas modificaciones es la pérdida del color verde. Muchos frutos no climatéricos ofrecen cambios similares al tiempo que alcanzan una calidad comestible óptima como ocurre con los cítricos en climas templados no tropicales.

El cambio de color se da porque hay degradación de la clorofila y a su vez hay síntesis de otros pigmentos como antocianinas y carotenoides que son responsables del color morado, y naranja (Rhodes, 1980, Wills *et al.*, 1998; Seymour *et al.*, 1993).

Durante las etapas iniciales de desarrollo de los frutos de ají se observa color verde para luego gradualmente cambiar al color característico de la respectiva accesión.

Causas primordiales de este cambio de color son: Cambios del pH, desarrollo de procesos oxidativos, acción de las clorofilasas.

La pérdida de color verde puede deberse a uno o varios de esos factores actuando secuencialmente. La desaparición de la clorofila va asociada a la síntesis o al desenmascaramiento de pigmentos cuyos colores oscilan entre el amarillo y el rojo. Muchos de estos pigmentos son carotenoides, hidrocarburos no saturados que generalmente contienen 40 átomos de carbono y cuyas moléculas pueden contener una o mas funciones oxigenadas. Son muy estables y permanecen inalterados en los tejidos aun en estados avanzados de senescencia, en algunas ocasiones su síntesis ha tenido lugar durante el crecimiento pero el color se ha visto enmascarado por la clorofila y sólo se manifiesta tras la degradación de esta, en otros tejidos la síntesis de carotenoides tiene lugar simultáneamente con la degradación de la clorofila.

No hay acuerdo en los reportes de literatura acerca de cómo los colores intermedios podrían ser clasificados (Conrad y Sundstrom, 1987; Cantlife y Goodwin, 1975; Minguez-Mosquera y Hornero-Méndez, 1994; Gross *et al.,* 1986). El color de los frutos es un parámetro importante para decidir el tiempo de cosecha y para identificar estados de maduración, los cuales pueden ser analizados midiendo la luz reflejada de acuerdo a la teoría de percepción tricromática. Coordenadas que luego de ser tomadas por un equipo colorimétrico, se transforman en Croma (C*=[a*2 + b*2]\]1/2), que indica la saturación del color, y ángulo Hue, que indica la evolución del color (H= arctngent [b*/a*] cuando 0º = rojo-púrpura; 90º= amarillo; 180º= azul-verde y 270º = azul. La luminosidad L* va de 0 a 100 (0 indica color muy oscuro y 100 color claro). El uso de atributos cromáticos L* C* H* (CIELAB) hace posible el seguimiento del desarrollo del color reflejado que tiene lugar durante la maduración del fruto.

Durante el desarrollo, los frutos de la accesión 376 (Figura 8) permanecen de color verde durante los primeros 30 días de desarrollo, a partir del cual cambia a color naranja (ángulo H) característico de la madurez de consumo. La intensidad del color (croma-C) y la luminosidad del fruto (L) aumentan a partir del día 30 y permanecen constantes hasta el final del desarrollo (día 50).

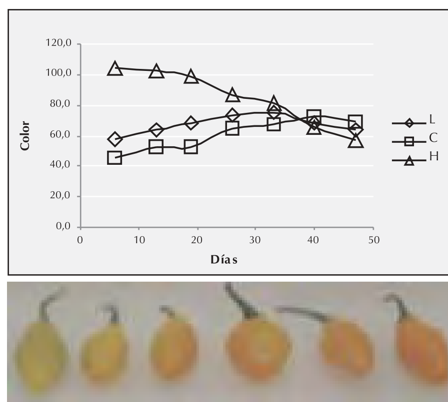


Figura 8. Cambio de color durante el desarrollo del fruto de la accesión CS-376, C. frutescens, en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas)

Los frutos de la accesión CS-049 (Figura 9) mantuvieron coloración verde durante los primeros 30 días de desarrollo. No hay cambios del ángulo Hue entre el momento de cuajamiento y la semana 4 del desarrollo. Después de este tiempo los frutos cambian rápidamente de verde al color rojo característico de la accesión. Tanto la intensidad de color (croma) como la luminosidad (L) se mantuvieron constantes durante todo el desarrollo.

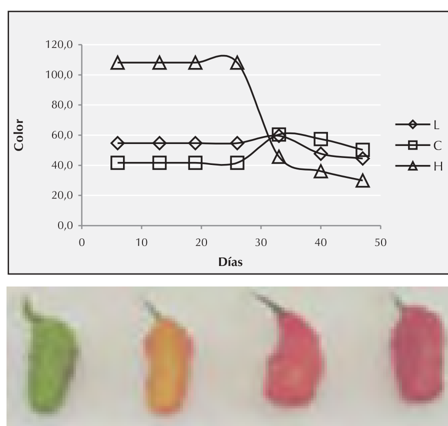


Figura 9. Cambio de color durante el desarrollo del fruto de la accesión CS-049, C. annuum, en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas)

Los frutos de accesión CS-032 (Figura 10) presentaron color verde durante los primeros 10 días del desarrollo, tiempo después del cual cambian de color a morado oscuro (Hue=0). Al final del desarrollo el ápice del fruto se torna levemente rojizo, al igual que la zona ecuatorial. La intensidad de color aumenta durante la primera semana del desarrollo, tras lo cual se mantiene constante. Hacia el final del desarrollo, la intensidad del color (croma) se incrementa. La luminosidad del fruto aumenta (L=20) levemente al inicio del desarrollo para luego permanecer constante, hasta el día 40, momento en el que vuelve a presentar aumento.

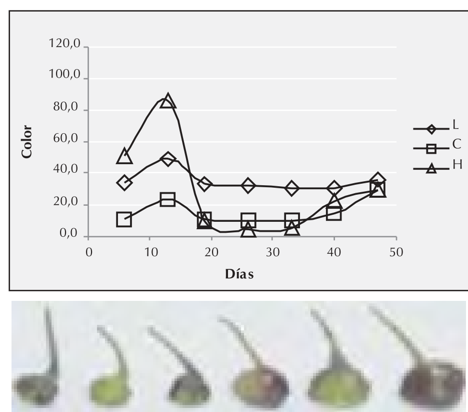


Figura 10. Cambio de color durante el desarrollo del fruto de la accesión CS-032, C. annuum, en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas)

Los frutos de la accesión CS-219 (Figura 11) presentan color verde desde el momento de cuajamiento hasta el día 30 de desarrollo. A partir de esta fecha, el fruto cambia a tonalidad hueso característica (ángulo Hue= 75). La intensidad del color y la luminosidad se mantuvieron durante el desarrollo.

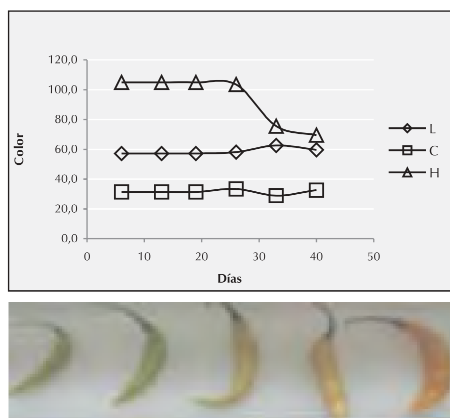


Figura 11. Cambio de color durante el desarrollo del fruto de la accesión CS-219, C. annuum, en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas)

Los frutos de la accesión CS-003 (Figura 12) presentaron color verde desde el momento del cuajamiento, hasta el día 20 de desarrollo. El cambio de verde a amarillo característico, se da entre el día 20 y el 30. El ángulo Hue disminuye de 120º a 80º. La intensidad del color (croma) y la luminosidad del fruto aumentan de manera significativa durante el desarrollo del fruto.

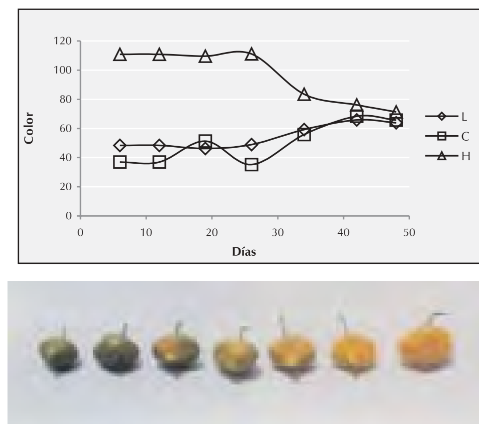


Figura 12. Cambio de color durante el desarrollo del fruto de la accesión CS-003, C. chinense, en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas)

Los frutos de la accesión 170 (Figura 13) mantuvieron el color verde durante los primeros 25 días del desarrollo. A partir del día 30, se inicia el cambio de color a rojo (ángulo Hue=40), característico de la accesión cuando llega a la madurez de consumo. La intensidad del color y la luminosidad se mantuvieron constantes durante todo el desarrollo.

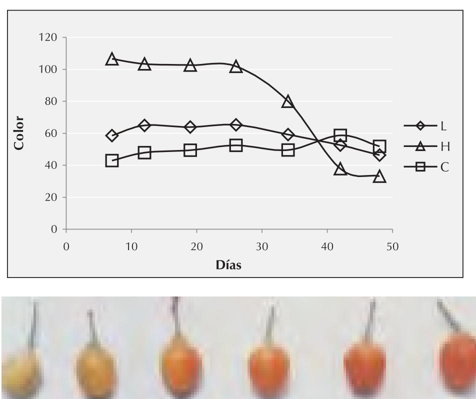


Figura 13. Cambio de color durante el desarrollo del fruto de la accesión CS-170, C. baccatum, en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas)

En las diferentes accesiones se observó un color característico, el color del pericarpio es el resultado de la degradación de clorofila como también de la síntesis de carotenoides, los cloroplastos son convertidos en cromoplastos. En los ajíes la maduración es el resultado de cambios simultáneos de clorofila (desde verde a compuestos menos coloreados) al mismo tiempo que los carotenoides son sintetizados desde precursores menos coloreados a pigmentos amarillo, naranja o rojo, en una especie de vía biosintética paralela (López-Camelo y Gómez, 2000).

Cambios en la pungencia durante el desarrollo de lo frutos de ají amazónico

La pungencia es la característica propia de los ajíes que al ser consumidos, les confiere la sensación de ardor y quemazón (Harvell y Bosland, 1997), llegando a ser dolorosa; sensación producida por la activación del canal no selectivo VR1 sobre las terminaciones nerviosas (Jordt y Julius, 2002). Hoffman *et al*., (1983), encontraron que los principales contribuyentes a la pungencia son capsaicina (28.1 mg), dihidrocapsaicina (19.96 mg), norhidrocapsaicina (3.2 mg) y trazas de otros compuestos. Otros capsaicinoides han sido reportados por diversos autores, empleando diferentes técnicas de extracción y cuantificación (Contreras y Yahai, 1998; Attuquayefio y Buckle, 1987).

Se ha evidenciado que la pungencia es una respuesta afectada por la interacción genotipo ambiente (González *et al*., 2002), algunas veces con predominio de factores ambientales como la localidad de siembra (Harvell y Bosland, 1997) y en otras ocasiones el factor genotípico no solo de la variedad, sino además la ubicación de los frutos dentro de la planta como lo muestran en *Capsicum annuum*, Zewdie y Bosland (2000), quienes observaron que la pungencia disminuye linealmente conforme incrementa la posición del nódulo dentro de la planta, desde la base hacia el ápice.

La capsaicina pura es un sólido rojo oscuro, insoluble en agua, pero soluble en aceites y alcohol etílico. Su fórmula química es $C_{18}H_{27}NO_3$ y el nombre dado por la IUPAC (Unión Internacional de la Química Pura y Aplicada) es “8-Methyl-N-vanillyl-6-nonenamide, caracterizada por una alta actividad biológica y sus efectos farmacológicos, neurológicos y dietéticos son bien conocidos. Ellos influyen en la homologación de receptores de dolor, detector de calor periférico y central y aortas pulmonares. Los rangos de concentración de capsaicinoides en pimiento caliente varía de 0,003 a 0,01%; variedades de chiles suaves contienen de 0,5 al 0,3%, y chiles fuertes son caracterizados por el contenido más alto de 0,3%, alcanzando alrededor del 1%.

Calva *et al*. (2000), indican que la capsaicina es producida en las glándulas localizadas cerca de la placenta en las paredes del fruto, empieza a acumularse a partir de los 8-10 días después de la antesis, aumentando a medida que transcurre la maduración de los frutos, para llegar a un máximo cuando éstos se tornan completamente maduros (rojos, naranjas o amarillos) y cayendo drásticamente en la senescencia

En las figuras 14A y 15A, se observa que los niveles de capsaicina en las diferentes accesiones se encuentran en el rango de 0 a 1,6 mg.g^{-1} de peso fresco. Las diferencias se hacen más evidentes hacia el final de la madurez, siendo la accesión de mayor contenido la 032 y en orden decreciente 219, 376, 003, 049 y 170. En general para todas las accesiones los niveles de capsaicina incrementan luego del día 26, excepto para la accesión CS-170 que lo mantiene estable durante el tiempo en un rango de 0,2 mg.g^{-1}. La accesión 376 presenta niveles entre 0,6 a 1,1 mg.g^{-1} siendo superiores a las demás entre los días 20 a 40 y estabilizándose dicho nivel hacia los días 33-47, sin embargo hacia el final del desarrollo fue menor que la 032 y aproximadamente similar a la 219. Las accesiones CS-219 y 032 presentan los mayores niveles de capsaicina, siendo mayoritario en la 032 hacia la última etapa de maduración (40-47d). En general se observa para las accesiones 376, 219 y 032 que los niveles óptimos de síntesis de capsaicina está entre los días 40 a 47, tiempo que corresponde a la máxima coloración típica de cada una de esas accesiones y que coincide con el momento de la recolección.

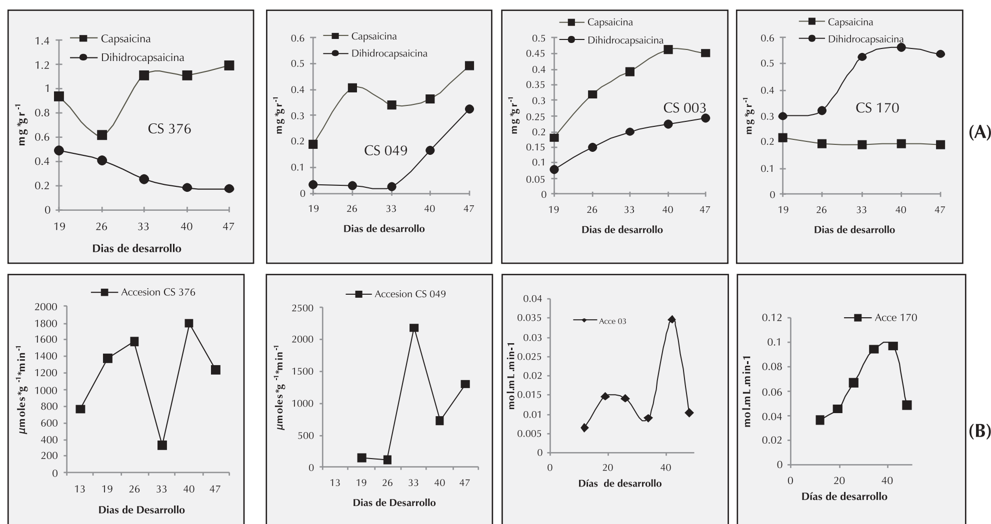


Figura 14. Concentración de Capsaicinoides (A) y actividad peroxidasa (B) durante el desarrollo de frutos de ají amazónico accesiones CS 376, CS 049, CS 003 y CS 170.

Los niveles de dihidrocapsaicina (Figuras 14A y 15A), segundo alcaloide en importancia luego de la capsaicina, se encuentran entre 0 a 0,8 mg.g^{-1}, presentando niveles en orden creciente en las siguientes accesiones 376, 003, 170, 049, 219 y 032 (día 40-47). Para las accesiones 003, 049, 219, 170 y 032 se observa un aumento progresivo del alcaloide, en tanto que en la accesión 376 disminuye ligeramente a través del desarrollo para llegar a un nivel de 0,2 mg.g^{-1}.

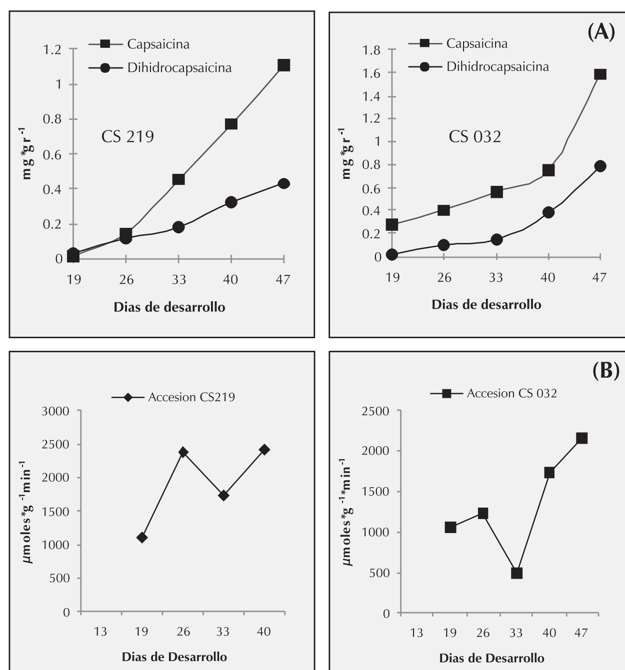


Figura 15. Concentración de Capsaicinoides (A) y actividad peroxidasa (B) durante el desarrollo de frutos de ají amazónico accesiones CS 219 y CS 032

Es así que las accesiones más pungentes son la 219 y 032, y que la menos pungente es la 170 siendo este último considerado como un ají dulce, lo que es corroborado por los niveles de azúcares del fruto.

Con relación a la actividad peroxidasa diversos autores como Fujikawi *et al* 1982, Iwai *et al* 1979 (citados por Bernal, 1993) han sugerido que las peroxidasas están involucradas en la degradación de los capsaicinoides. Contreras y Yahai (1998) mencionan igualmente que la mas probable causa de pérdida de capsaicionides al inicio de la senescencia de los frutos es la actividad de las peroxidasas.

Los niveles de peroxidasa encontrados durante el desarrollo de los frutos varía entre las diferentes accesiones (Figura 14B y 15B); la accesión 219 presentó dos picos máximos, el primer pico, en el día 26 y el segundo pico en el día 35 después del cuajamiento del fruto. Las accesiones 032 y 376 presentan un primer pico, en el día 26, luego disminuye hacia el día 33, para posteriormente presentar un pico hacia el día 40; en el caso de la accesión 032 aumenta y en el de la accesión 376 disminuye, esto posiblemente está correlacionado con el ciclo de vida de los respectivos frutos.

La accesión 003 presenta un pico hacia el día 20 y uno máximo hacia el día 40, el cual concuerda con las accesiones 219, 032, 376 y 170.

La accesión 049 igualmente presenta dos picos durante el tiempo analizado, en el día 33 y el segundo en el día 47. Como se puede observar todas las accesiones, a excepción de

la 170, presentan la misma tendencia. Para las accesiones 219, 003, 376 y 032 hay dos máximos, uno hacia el día 26 y el otro hacia el día 40; en tanto que para la accesión 049 se observa un corrimiento probablemente debido a que es una accesión poco precoz o tardía, para este caso se sugiere determinar los niveles hasta un tiempo mayor de colecta. La accesión 170 a diferencia de las demás aumenta progresivamente hasta el día cuarenta y a partir de allí disminuye; sin embargo su nivel en actividad peroxidasa es bajo comparado con lo reportado en la literatura (Contreras y Yahia, E., 1998).

Los niveles de peroxidasa son bajos comparados con los niveles de capsaicinoides, lo cual corresponde con lo reportado en la literatura, en que la actividad peroxidasa incrementa solamente cuando la concentración de capsaicinoides comienza a decrecer. En este trabajo no se evaluaron los frutos durante la senescencia donde probablemente los niveles de peroxidasa pueden incrementar.

La determinación precisa de la madurez de los frutos de ají es difícil en la cosecha. Los frutos son cosechadas en diferente grado de madurez y una proporción del fruto puede ser inmaduro. De esta manera, la cosecha de frutos de ají de diferente madurez algunas veces es un problema común aunque los frutos pueden tener el mismo color de la piel al cosecharse.

Si los frutos seleccionados son inmaduros, pueden no desarrollar un sabor agradable al madurar. Sin embargo, determinando la maduración óptima se beneficiará tanto el consumidor como el cultivador, en la mayoría de los casos la tasa de maduración de frutos de capsicum está normalmente basada en evaluaciones subjetivas de color visual, tamaño, presión de la mano para evaluar firmeza o días después de la antesis.

Proteínas

En la figura 16 se observa que los contenidos de proteínas son bajos entre las diferentes accesiones, variando desde 0,3 hasta 1,4 $\mu g.g^{-1}$.

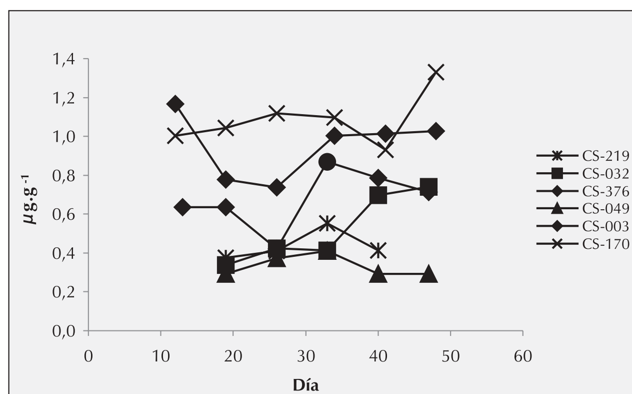


Figura 16. Evolución de las proteínas durante el desarrollo de frutos de ají, accesiones Cs-219, CS-032, CS-376, CS-049, CS-003, CS-170

El contenido de proteína durante el desarrollo y maduración de la accesión 049 se mantuvo en el rango de 0,3 a 0,4 $\mu g.g^{-1}$; el de la accesión 219 en 0,37 $\mu g.g^{-1}$ aumentando a 0,6 $\mu g.g^{-1}$ en el día 34 y disminuyendo hacia el día 40 a 0,4 $\mu g.g^{-1}$; la accesión 032 en el día 10 con 0,35 $\mu g.g^{-1}$ aumentó progresivamente hasta 0,75 $\mu g.g^{-1}$; la accesión 376 presentó un máximo de acumulación de proteína a los 32 días, luego disminuyó levemente hasta llegar a 0,7 $\mu g.g^{-1}$; la accesión 003 presentó hacia el día 10 contenido de 1,17 $\mu g.g^{-1}$ posteriormente, del día 33 al 47 el contenido es estable cercano a 1,0 $\mu g.g^{-1}$; la accesión 170 presenta un contenido poco variable entre los días 10 y 40, el cual oscila entre 0,9 y 1,15 $\mu g.g^{-1}$, posteriormente entre los días 40 y 50 los niveles aumentan a 1,3 $\mu g.g^{-1}$.

Como se observa en la figura 16, hacia el período final de madurez del fruto, día 40-50, el contenido más bajo de proteína fue el de la accesión 049, seguido en orden creciente por las accesiones 219, 376, 032, 03 y 170. Los bajos contenidos en proteína en frutos, corresponde a lo reportado en la literatura (Wills *et al*, 1998), los frutos almacenan principalmente ácidos orgánicos y carbohidratos tipo disacárido, como la fructosa y sacarosa, y tipo monosacáridos como la glucosa.

Azúcares

Los azúcares reductores (Figura 17) aumentaron durante el desarrollo de los frutos de todas las accesiones. Hasta el día 20, los frutos de las accesiones CS-219, 049, 003, 376 presentaron incrementos leves, o como en el caso de la accesión 032, no se presentaron incrementos significativos durante el desarrollo. A partir del día 30 después del cuajamiento, la concentración de azúcares se incrementó entre el 40 y 75%. En el caso de frutos de la accesión CS-170 el incremento de azúcares reductores (glucosa y fructosa) se inició en la fase temprana del desarrollo (día 10) y la concentración resultó ser la mas alta entre las 6 accesiones.

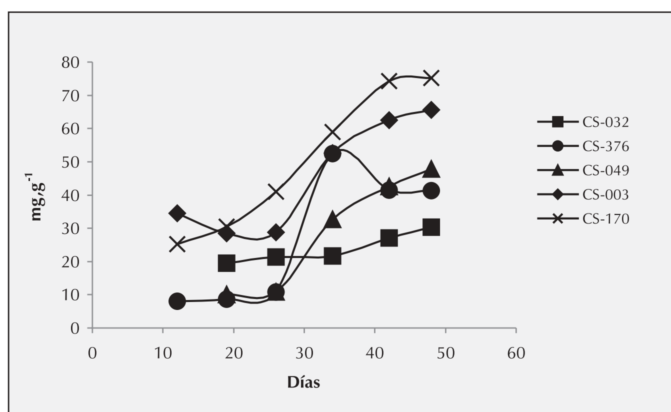


Figura 17. Evolución de azúcares reductores durante el desarrollo de frutos de ají, de las accesiones CS-003, CS-032, CS-049, CS-170, CS-376 y CS-219

Azúcares Totales

Los frutos de las seis accesiones seleccionadas (Figura 18) presentaron leves incrementos en el tiempo, únicamente los frutos de la accesión CS-170 presentaron incrementos permanentes en el tiempo. Los contenidos máximos en azúcares totales fueron de 160 $mg.g^{-1}$, para esta accesión, mientras que para el resto de accesiones CS-003, 219, 049 y 376 la concentración estuvo entre 80 y 100 $mg.g^{-1}$. Para los frutos de la accesión CS-032, se registraron los valores mas bajos, 60 $mg.g^{-1}$ y ningún incremento en el tiempo, conservando de esta manera, la misma tendencia que en el caso de los azúcares reductores. Se observa entonces una relación inversamente proporcional entre los niveles de azúcares y los niveles de capsaicina, esto es, frutos con altos contenidos de azúcares presentan bajos niveles de capsaicina y viceversa.

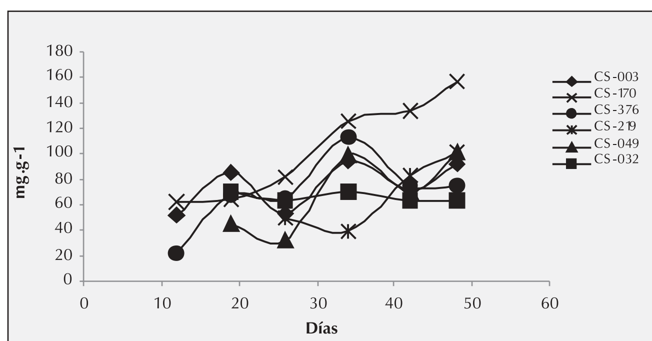


Figura 18. Evolución de azúcares totales durante el desarrollo de frutos de ají, de las accesiones CS-003, CS-032, CS-049, CS-170, CS-376 y CS-219

Acidos orgánicos

Los frutos de ají de las accesiones evaluadas mostraron contenidos detectables de los ácidos málico, cítrico, succínico y oxálico, durante todo el desarrollo. Para la accesión CS-032 los contenidos de ácido málico fueron mayoritarios y aumentaron hacia el final del desarrollo. Por el contrario, los contenidos de ácido oxálico, fueron los más bajos y disminuyen al final del desarrollo (Figura 19).

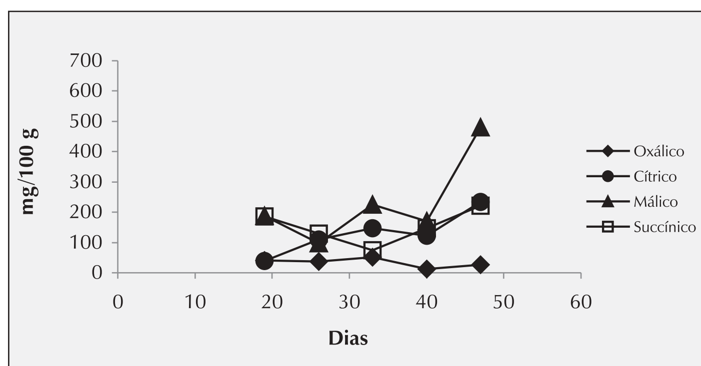


Figura 19. Evolución de los ácidos orgánicos durante el desarrollo de frutos de ají de la accesión CS-032 en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas).

En los frutos de ají de la accesión CS-049 (Figura 20) el ácido mayoritario, ácido cítrico, aumentó hacia el final del desarrollo, así como también el ácido málico. El ácido succínico disminuyó durante la maduración y el ácido oxálico presentó los niveles más bajos durante el desarrollo.

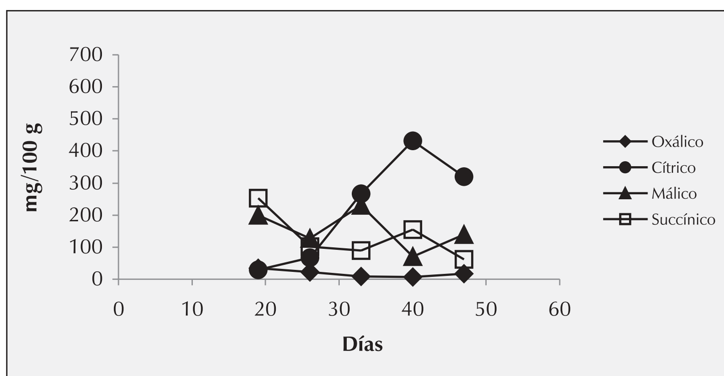


Figura 20. Evolución de los ácidos orgánicos durante el desarrollo de frutos de ají de la accesión CS-049 en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas).

Similar comportamiento se encontró en frutos de la accesión CS-219 (Figura 21), con un aumento del contenido de ácido cítrico, que resultó ser el ácido de mayor concentración en el fruto, al igual que el ácido málico, que también aumentó al final del desarrollo. Nuevamente el ácido oxálico presentó los niveles más bajos, mientras que el ácido succínico disminuyó durante la maduración del fruto, como consecuencia de su degradación, aunque durante los días 20-30 fue el más alto.

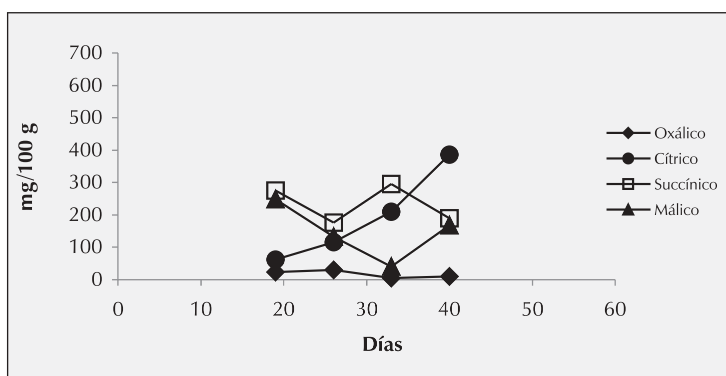


Figura 21. Evolución de los ácidos orgánicos durante el desarrollo de frutos de ají de la accesión CS-219 en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas).

En frutos de ají de la accesión CS 376 (Figura 22) los ácidos málico y cítrico fueron los ácidos de mayor concentración durante el desarrollo, mientras que el ácido oxálico presentó niveles muy bajos. Todos los ácidos orgánicos disminuyeron durante la maduración, desde el día 40 en adelante, como consecuencia de su consumo como compuesto de reserva.

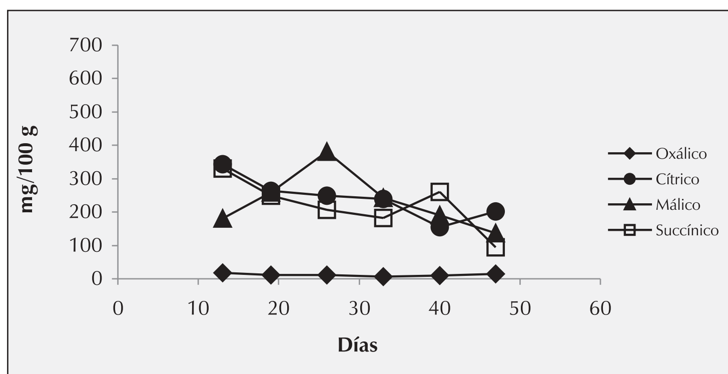


Figura 22. Evolución de los ácidos orgánicos durante el desarrollo de frutos de ají de la accesión CS-376 en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas).

En los frutos de ají de la accesión CS-170, se encontró que los niveles más bajos fueron los del ácido oxálico y málico, mientras que los más altos fueron ácido cítrico y succínico, cuyos niveles y tendencias fueron semejantes durante el desarrollo del fruto. Los ácidos de menor concentración, es decir oxálico y málico se mantuvieron en niveles constantes durante todo el desarrollo, mientras que los ácidos succínico y cítrico presentaron aumento después del día 20 de desarrollo para luego disminuir durante la maduración, a partir del día 40 (Figura 23). La disminución de ácidos orgánicos es un patrón característico, durante la maduración de frutos.

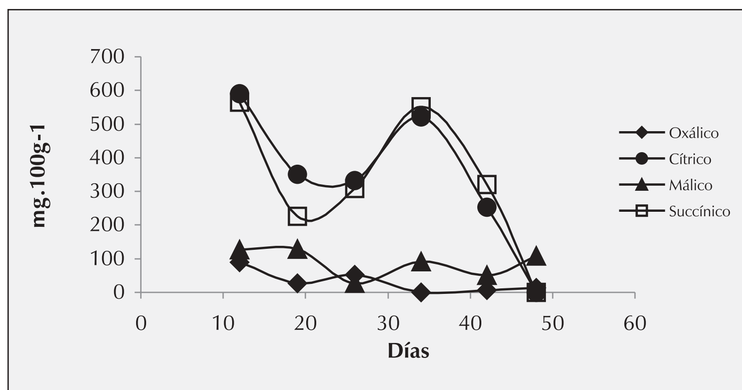


Figura 23. Evolución de los ácidos orgánicos durante el desarrollo de frutos de ají de la accesión CS-170 en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas).

Los frutos de la accesión CS-003 mostraron niveles altos de ácido málico, seguidos en menor cantidad por los ácidos cítrico y succínico, mientras que coincide, con las demás accesiones en presentar niveles bajos y constantes de ácido oxálico. Al igual que los frutos de la accesión CS-032, se presentó un aumento de ácido málico durante la maduración, mientras que los ácidos cítrico y succínico disminuyen al final de la maduración (figura 24).

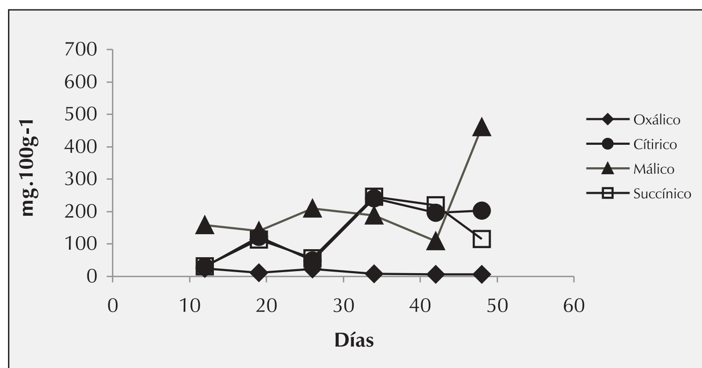


Figura 24. Evolución de los ácidos orgánicos durante el desarrollo de frutos de ají de la accesión CS-003 en condiciones del Municipio de Leticia (Amazonas).

El ácido málico y el ácido cítrico fueron los ácidos predominantes en los frutos de la mayoría de las accesiones. La evolución de los ácidos durante el desarrollo coincide con la tendencia exhibida por frutos de otras solanáceas, en las cuales los ácidos disminuyen durante la maduración.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Attuquayefio, V., Buckle., K. 1987. Rapid sample preparation method for HPLC analysis of capsaicinoids in *Capsicum* fruits and oleoresins. J. Agric. Food Chem. 35: 777- 779.

Bernal, M., Caldón, A., Pedreño, M., Muñoz, R., Barceló, R., Merino de Cáceres, F. 1993. Capsaicin oxidation by peroxidase from *Capsicum annuum* (Var. Annuum) fruits. J. Agric. Food Chem. 41: 1041-1044

Calva, G., Ochoa, A., Ríos, L.E., Sánchez, J. Martínez, J.V. 2000. Catabolismo de capsaicina en cultivos de células de *Capsicum*. CINVESTAV. San Pedro Zacatenco, México D.F.

Cantlife, D., Goodwin, P. 1975. Red color enhancement of pepper fruits by multiple applications of ethephon. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 100:157-161

Conrad, R., Sundstrom, F. 1987. Calcium and ethephon effects on tabasco pepper leaf and fruit retention and fruit color development. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:424-426

Contreras, M., Yahai, E.. 1998. Changes in capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity. J. Agric. Food Chem. 46: 2075-2079.

Goméz, D. 2000. Estudio del crecimiento y desarrollo del fruto del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en función del clima, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Tesis de pregrado. Bogotá. pp 70

González,C., Lumbreras, M., Jaurgui, J., San Martin, C., Macua, I. 2002. Variedades de pimiento cultivadas en el valle del Ebro.

Gross, K., Watada, A., Kang, M., Kim, S., Lee, W. 1986. Biochemical changes associated with ripening of hot pepper fruit. Physiol. Plant. 66:31-36

Harvell, K., Bosland, P. 1997. The environment produces a significant effect on pungency of chiles. HortScience 32 (7):1292.

Hoffman, P., Lego, M., Galetto, W. 1983. Separation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high-pressure liquid chromatography. J. Agric. Food Chem. pp.1326-1330.

Jordt, S. E., Julius, D. 2002. Molecular basis for species-specific sensitivity to “hot” chili peppers. Cell. 108: 421-430.

Krajayklang, M., Klieber, Dry, A. P. R.. 2000. Color at harvest and post-harvest behaviour influence paprika and chilli spice quality. Postharvest Biology and Technology. 20: 269-278.

Kuntz, M., Chen, H., Simkin, A., Shipton, C., Drake, R., Schuch, W., Bramley, M.. 1998. Upregulation of two ripening-related genes from a non climateric plant (pepper) in a transgenic climateric plant (tomato). The Plant Journal. 13: 351-361.

Leopold, C. A. 1975. Plant Growth and development. 2ª Ed. McGraw Hill Publishing Co. New Delhi. p. 270-280.

López-Camelo, A.F., Gómez, P.A. 2000.Developing a ripening index for bell peppers based on color measurements. In Artés, F., Gil, M.I., and Conesa, M.A. (Ed). Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals. 1: 48-53. Novograf S.A. Spain.

Minguez-Mosquera, I., and Hornero-Méndez. 1994a. Formation of pigments during the fruit ripening of *Capsicum annuum* Cv. Bola and Agridulce. J. Agric. Food Chem. 42:38-44

Minguez-Mosquera, I., and Hornero-Méndez. 1994b. Changes in carotenoid esterification during the fruit ripening of *Capsicum annuum* Cv. Bola. J. Agric. Food Chem. 42:640-644

Nuez, F., Costa, J. 1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Mundi Prensa. Madrid. 607 p

Pretel, M. T., Serrano, M., Amoros, A., Riquelme, F., Romojaro, F. 1995. Non-involment of ACC oxidase activity in pepper fruit ripening. Postharvest Biology and Technology. 5(4): 295-302.

Rhodes, M.J.C. 1980. The maturation and ripening of fruits. En: Thimann, K.V. (eds). Senescence in plants. CRC Press Boca Raton, Florida. P. 158-199.

Salveit, M. E. 1993. Internal carbon dioxide and ethylene levels in ripening tomato fruit attached to or attached from the plant. Physiology Plant. 89: 204-210.

Seymour, G., J. Taylor y G. Tucker. 1993. Biochemistry of fruit ripening. Ed. Chapman & hall. London. p. 1-43.

Tadesse, T., Hewett, E. W., Nichols, M. A, Fisher, K.J. 2002. Changes in physicochemical attributes of sweet pepper cv. Domino during fruit growth and development. Scientia Horticulturae. 93: 91-103.

Villavicencio, L.E., Blankenship, S. M., Sanders, D.C., Swallow, W. H. 2001. Ethylene and carbon dioxide concentrations in attached fruits of pepper cultivars during ripening. Scientia Horticulturae. 91: 17-24

Wills, R., B. McGlasson, D., Graham, D.J.O. 1998. Postharvest. An introduction to the Physiology and Handling of fruit, vegetables and ornamental. 4th Edition. 262 p.

Zewdie, Y., Bosland, P. 2000. Pungency of Chile (*Capsicum annuum* L.) fruits is affected by node position. HortScience. 35 (6): 1174.

CAPITULO III

MADURACIÓN Y CONSERVACIÓN CONTROLADA DE FRUTOS DE AJI AMAZÓNICO

Por: Luz Marina Melgarejo[1], Jaime Barrrera[2], María Soledad Hernández[2], Ligia Aponte[2] y Marcela Carrillo[2]

Los productos hortícolas son en su mayoría de carácter perecedero, por lo que la implementación de técnicas que permitan la prolongación de su vida útil es de suma importancia; técnicas como el uso de empaques, bajas temperaturas, productos químicos, entre otras, han sido empleadas con este fin, pero tal vez una de las más efectivas y ampliamente usadas, es la de conservación a bajas temperaturas (refrigeración).

El objetivo de la conservación a bajas temperaturas, es retardar el proceso de maduración o mejor, evitar la rápida senescencia de los productos, preservándolos por un mayor tiempo o para el momento oportuno de consumo y/o comercialización (Wills *et al*., 1998). Pese a que se logra reducir la actividad respiratoria y en general la actividad metabólica, algunos compuestos celulares o rutas metabólicas, son sensibles a las bajas temperaturas y se ven afectadas irreversiblemente, haciendo que el producto no alcance las cualidades óptimas para su consumo, ocasionando síntomas desfavorables en la calidad y presentación de los mismos, lo que en su conjunto se conoce como daño por frío (Wills *et al*. 1998).

En la presente investigación se evaluó el comportamiento de las accesiones CS-032 *C. annuum*, CS-049 *C. annuum*, CS-219 *C. annuum*, CS-170 *C. baccatum*, CS-376 *C.*

[1] *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología*
[2] *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI*

frutescens y CS-003 *C. chinense,* bajo condiciones de almacenamiento a bajas temperaturas. Para los ensayos se utilizó un diseño factorial, en donde los factores principales fueron temperatura de conservación (5, 10 y 20ºC) y tiempo de almacenamiento (0, 7 y 14 días) con dos períodos de maduración complementaria a 7 y 14 días, período en el cual los frutos mantenidos en refrigeración se exponen a condiciones de consumo o medio ambiente (20ºC) y se evalúa el comportamiento de la variable, a un tiempo de exposición determinado, que para este estudio fue de 3 días. Las características fisicoquímicas y bioquímicas fueron medidas en base húmeda durante el período de estudio.

Peso de los frutos

En la figura 1 se observa el efecto de las temperaturas y período de almacenamiento sobre la dinámica del peso de los frutos de las accesiones de ají evaluadas, el cual se ve reflejado por pérdida de peso. La pérdida de peso incrementó a medida que progresaba el período de almacenamiento y fue mayor a la temperatura de 20ºC que a 10ºC y 5ºC, tal que la pérdida de peso es dependiente de la temperatura y período de almacenamiento, similar a lo reportado en otros frutos por El-Shazly, 2000; Abau-Aziz *et al*, 1975.

A 20ºC se encontró el mayor incremento en la pérdida de peso, debido a que a esta temperatura la tasa de respiración es mayor. En las diferentes accesiones igualmente se observa que el mayor porcentaje de pérdida de peso se da a partir del día 7 y particularmente a 20ºC donde se da más rápido. La pérdida de peso es un resultado de la pérdida de agua de los tejidos del fruto y parcialmente de los procesos de respiración (Abou-Aziz *et al*, 1975 citado por El-Shazly 2000). Igualmente se observa que luego de mantener los frutos a 5 y 10ºC y colocarlos en maduración complementaria los frutos pierden peso muy rápidamente, lo cual es evidenciado por la alta tasa de respiración y peridermis flácil.

Uno de los signos visibles de esa pérdida de peso está representado en la deshidratación de los tejidos de los frutos, la cual fue observada en la mayoría de las accesiones (Fotos 1-5). La accesión CS-376 es particularmente interesante ya que a 20ºC, 75%HR y tras 10 días de almacenamiento no evidenció pérdida de calidad de sus frutos (Foto 5), mantuvo textura y color deseable hacia el final del período de almacenamiento, lo cual indica un alto potencial para manipulación poscosecha y mercadeo.



Foto1. Frutos de *Capsicum chinense* CS-003 almacenados durante 10 días a 20ºC y 75%. Evidencia de deshidratación



Foto 2. Frutos de *Capsicum annuum* CS-032, tras 10 días de almacenamiento a 20ºC y 75% HR. Detalle de fruto deshidratado.



Foto 3. Frutos de *Capsicum baccatum* CS-170 almacenados durante 10 días a 20ºC y 75% HR. Evidencia de deshidratación.



Foto 4. Frutos de *Capsicum annuum* CS-219 almacenados a 20ºC y 75% HR durante 10 días Evidencia de deshidratación y pardeamiento.



Foto 5. Frutos de *Capsicum frutescens* CS-376 almacenados a 20ºC y 75% HR durante 10 días. No se evidencia pérdida de calidad.

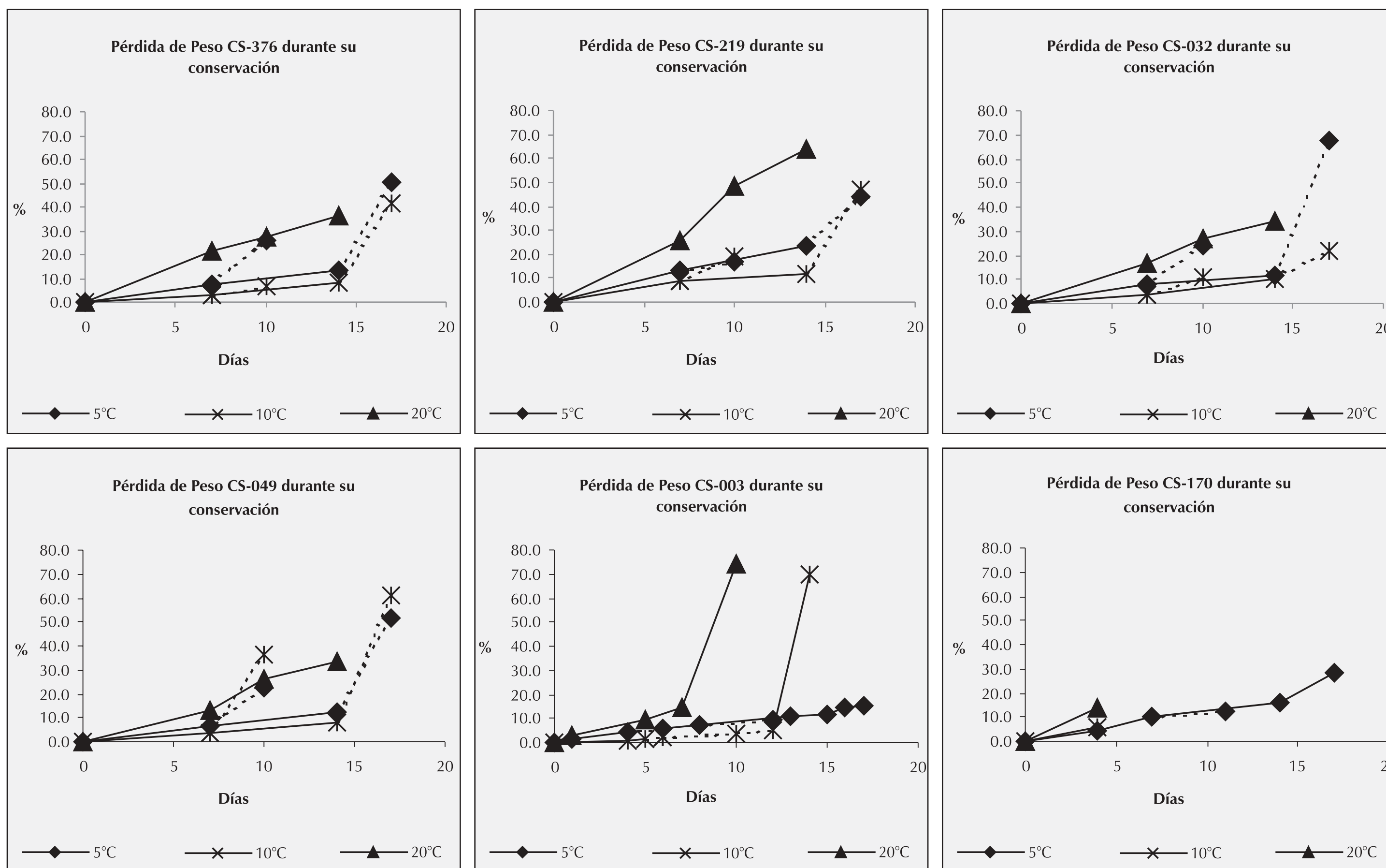


Figura 1. Seguimiento de la pérdida de peso de los frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante los ensayos de almacenamiento.

Respiración

La actividad respiratoria es una de las bases del metabolismo en los seres vivos, que permite la liberación de energía a partir del desdoblamiento de compuestos de reserva. Las frutas exhiben diferentes patrones e intensidades de respiración, la cual puede ser medida como la cantidad de O_2 consumido para la utilización por el fruto en reacciones de oxidación, o como la cantidad de CO_2 emitido. En la mayoría de los casos la cantidad de CO_2 emitido es el componente de la respiración que se evalúa para conocer el patrón respiratorio y predecir el comportamiento de los frutos durante la etapa de posrecolección. De acuerdo al patrón respiratorio los frutos se clasifican en climatéricos, cuando el nivel respiratorio supera los 100 mg CO_2 /Kg.h, y en no climatéricos si el nivel es menor a dicho valor.

Durante el desarrollo de los frutos, las 6 accesiones seleccionadas mostraron un patrón respiratorio de tipo no climatérico debido a que la actividad respiratoria fue baja. Los frutos de las respectivas accesiones almacenados a 5°C y 10°C (Figura 2) mostraron una baja actividad respiratoria y leves incrementos durante los períodos de maduración complementaria. En general en los frutos de las accesiones mantenidas a 20 °C (Excepto CS-170 y CS-003) se observó que su actividad respiratoria fue mayor que los almacenados a 5 y 10°C, encontrándose un aumento significativo después de una semana de evaluación; sin embargo este incremento no está asociado con un máximo climatérico, sino con la presencia y daño por microorganismos, los que aumentan la actividad respiratoria y la cantidad de CO_2 registrada en los frutos.

Los frutos de las accesiones CS-170 y CS-003 (Figura 2) mostraron una corta duración durante los ensayos y aunque a 5°C alcanzan a mantenerse durante las dos semanas de almacenamiento, tras la maduración complementaria, su calidad no es buena para ser comercializados, igualmente se observaron daños por frío en los frutos de algunas accesiones; en CS-003 pardeamiento y picado (Fotos 6-8), en CS-032 (Foto 9) quemadura, en CS-219 picado (Foto 10).

El incremento de la actividad respiratoria de los frutos, durante la maduración complementaria está directamente relacionado con el aumento de temperatura del ambiente de conservación, a mayor temperatura mayor actividad respiratoria; similares resultados se han observado en otros estudios en los que altas temperaturas de almacenamiento causaron incremento en la tasa de respiración, pérdida de humedad y pérdida de peso de los frutos (Hardernburg *et al.* 1986; El-Shazly, 2000).

En general se observó que bajo las temperaturas evaluadas ya sea durante el almacenamiento o durante los períodos de maduración complementaria se presentó daño por frío (Fotos 6-10) y/o deshidratación de los frutos en las respectivas accesiones (Fotos 1-4).

La manifestación visible de daño por frío fue observado luego de varios días de exposición por baja temperatura y resulta probablemente como respuesta al estrés oxidativo inducido por bajas temperaturas de almacenamiento.



Foto 6. Frutos de *Capsicum chinense* CS-003 a 5ºC y 95% HR, tras 7 días de almacenamiento.



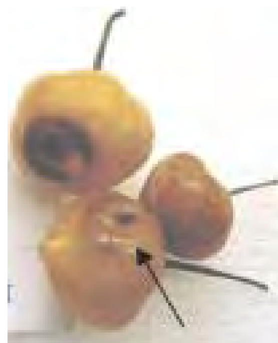


Foto 7. Frutos de *Capsicum chinense* CS-003 a 10ºC y 95% HR, tras 14 días de almacenamiento. a) Picado, b) Ablandamiento y pardeamiento.



Foto 8. Frutos de *Capsicum chinense* CS-003 a 10ºC y 95% HR y tres días de maduración complementaria a 20ºC y 75% HR. Evidencia del inicio de picado.

Detalle del picado "pitting"en Frutos de *Capsicum chinense* CS-003.

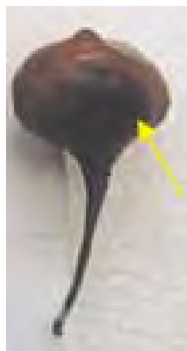


Foto 9. Fruto de *Capsicum annuum* CS-032, tras 14 días de almacenamiento a 10ºC y 95% HR. Evidencia de quemadura.



Foto 10. Frutos de *Capsicum annuum* CS-219 almacenados a 10ºC y 95% HR durante 7 días y 3 días de maduración complementaria a 20ºC y 75% HR. Evidencia de picado.



Foto 11. Frutos de *Capsicum frutescens* CS-376 almacenados a 10ºC, 95% HR durante 7 días y un período de maduración complementaria de 3 días a 20ºC y 75% HR. No se evidenció pérdida de calidad.

Manifestaciones fisiológicas de daño por frío como en algunos casos aumento de la actividad respiratoria y liberación de iones, usualmente preceden o suceden conjuntamente con la aparición de síntomas visibles (Purvis y Shewfelt, 1993), por lo que es necesario realizar más estudios con el fin de establecer un rango de temperatura en el cual el fruto continúe su proceso de maduración sin perjudicar su calidad ni presentar síntomas de daño por frío.

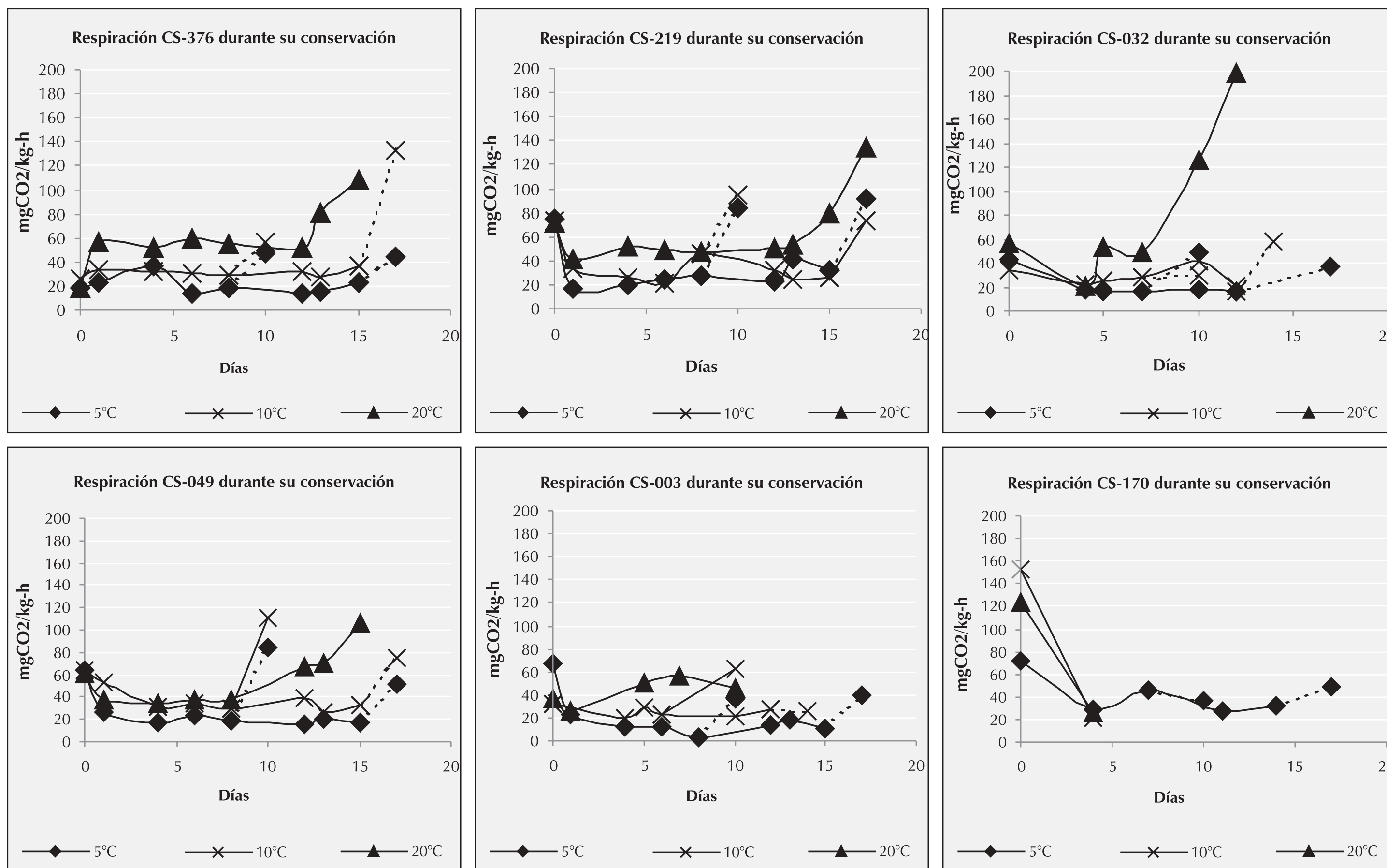


Figura 2. Seguimiento de la respiración de los frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante los ensayos de almacenamiento .

Análisis del color

Los ajíes son consumidos en verde o en diferentes estados de maduración, siendo los más palatables y preferidos los maduros. Los ajíes para mercadeo en fresco usualmente se cosechan cuando alcanzan su madurez fisiológica, pero están algo verdes. El color de los frutos es un factor importante para decidir el tiempo de cosecha y para identificar estados críticos de maduración que permitan realizar tratamientos con temperatura y períodos de almacenamiento.
El color del pericarpio es el resultado de la degradación de clorofila como también de la síntesis de pigmentos carotenoides (Minguez-Mosquera y Hornero-Méndez, 1994 a, b; López-Camelo y Gómez, 2000); en los ajíes es dado principalmente por un grupo de carotenoides como la capxantina, capsorubina y criptoxantina, responsables del color especialmente rojo; estos compuestos enmascaran la presencia de pigmentos amarillos (â-caroteno y violaxantina) el cual predomina en frutos amarillo y naranja en la madurez (Wien, 1997)

El seguimiento del color de los frutos durante los tratamientos de refrigeración se cuantifica midiendo la luz reflejada de acuerdo a la teoría de percepción tricromática. Coordenadas que luego de ser tomadas por un equipo colorimétrico, se transforman en Croma (C*=[a*2 + b*2]\]1/2), que indica la saturación del color, y ángulo Hue, que indica la evolución del color (H= arctngent [b*/a*] cuando 0° = rojo-púrpura; 90°= amarillo; 180°= azul-verde y 270° = azul. La luminosidad L* va de 0 a 100 (0 indica color muy oscuro y 100 color claro). El uso de atributos cromáticos L* C* H* hace posible el seguimiento del desarrollo del color reflejado.

Los frutos de las accesiones CS-376, CS-003 y CS-170 (Figura 3) almacenados a 5°C y 10°C mantuvieron su coloración característica (ángulo Hue) durante las dos semanas de almacenamiento, al igual que la luminosidad. Durante el período de maduración complementaria los frutos almacenados a baja temperatura disminuyeron en croma, se observó pardeamiento o aparición de manchas de picado "pitting" en accesiones como la CS-003 (Foto 8) y CS-219 (Foto 10). A 20°C en las accesiones CS-376 y CS-170 se observó un cambio leve en el color durante el almacenamiento y en el caso de la accesión CS-003 los frutos perecieron al final de la primera semana del tratamiento.

En las accesiones CS-219 y 032 (Figura 3) se observó un ligero cambio de color en cada uno de los frutos. Se encontró un leve incremento en el color hacia el final de las dos semanas de almacenamiento, tanto a 5°C como a 10°C. Durante la maduración complementaria se observó pardeamiento y por lo tanto baja intensidad (Croma-C). El color de los frutos mantenidos a 20°C permaneció constante durante el ensayo, al igual que la intensidad, esta última incrementó llegando a ser semejante al color de los frutos maduros en la planta.

Los frutos de la accesión CS-049 (Figura 3) en los tres tratamientos de almacenamiento mantuvieron su coloración característica (ángulo Hue), mientras que la intensidad del color (Croma-C) disminuyó moderadamente así como la luminosidad. En el período de

maduración complementaria los frutos que estaban a 5ºC incrementaron su color, en tanto que a 10ºC conservaron el color, por lo que esta temperatura es apropiada para su conservación poscosecha.

En las diferentes accesiones, a la temperatura de 10ºC, se evidenció una diferencia en la sensibilidad al daño por frío ya que algunos frutos sufren daños al almacenarlos a esa temperatura en tanto que otros no, esta diferencia podría ser dada por la concentración de osmolitos tipo azúcares en las respectivas accesiones o por otros mecanismos fisiológicos.

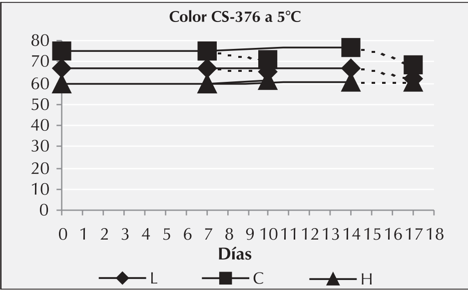
Se encontró que los frutos de las accesiones evaluadas son moderadamente sensibles al daño por frío. En general se observa que en los frutos de las accesiones CS-219 y CS-032 las cuales son las más pungentes son las más susceptibles al daño por frío, mientras que las accesiones 376, 049, 170 y 003 las cuales exhiben mayor concentración de azúcares totales son menos susceptibles a las bajas temperaturas. Se ha encontrado que el alto contenido de azúcares minimiza el efecto del daño por frío, debido a que los azúcares actúan como agentes osmoprotectores que actúan reteniendo el agua electrostáticamente (Wanner y Junttila, 1999).

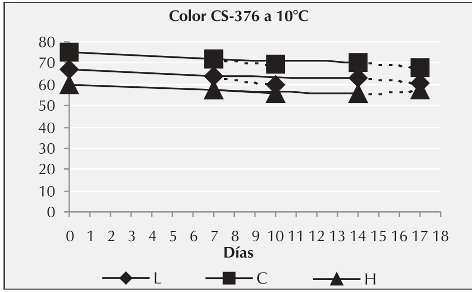
Azúcares reductores y totales

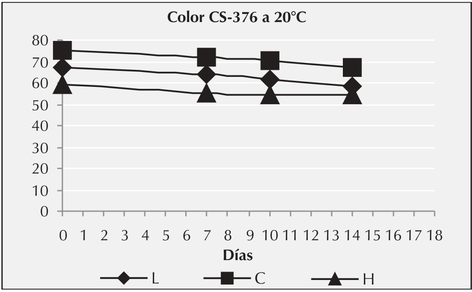
Los frutos de ají de la accesión CS-003 (Figuras 4 y 5) almacenados a 5ºC exhibieron menor concentración de azúcares comparado con los almacenados a 10ºC cuyos niveles fueron mayores. Los frutos madurados a 20ºC mostraron aumentos de los niveles de azúcares reductores, tras una semana de evaluación, durante esta etapa, los frutos presentan aumento de azúcares reductores, como resultado del desdoblamiento de polisacáridos.

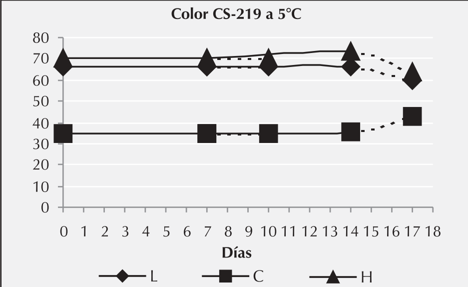
Comparando las diferentes accesiones se observa que los frutos de la accesión CS-170 (Figuras 4 y 5) presentaron los niveles más altos de azúcares reductores, 70-100 $mg.g^{-1}$, como de azúcares totales, 120-150 $mg.g^{-1}$; igualmente los niveles de azúcares se mantuvieron similares a los encontrados durante su desarrollo. A 5ºC los niveles de azúcares reductores se mantienen durante el almacenamiento y disminuyen en el período de maduración complementaria, tras dos semanas de almacenamiento, mientras que los azúcares totales incrementan luego de 5 días de almacenamiento y disminuyen levemente durante la maduración complementaria. Los frutos almacenados a 10ºC mostraron una pequeña disminución en azúcares, tanto reductores como totales, y posterior aumento durante la maduración complementaria principalmente en los azúcares reductores, infiriéndose que el consumo de la reserva de azúcares se restablece una vez la temperatura de almacenamiento aumenta (20ºC y 75%H.R). A 20ºC tras una semana de evaluación se observa que los niveles de azúcares son más altos que a 5 y 10ºC.

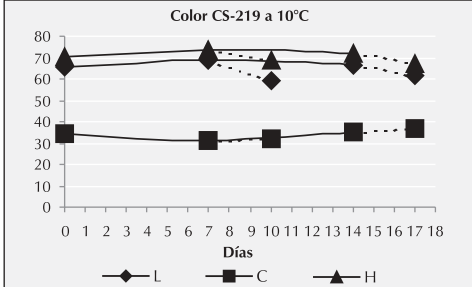
Las accesiones CS-049, CS-376 y CS-032 (Figuras 4 y 5), exhibieron un patrón similar en los niveles de azúcares reductores y totales bajo el efecto de las tres temperaturas y durante el tiempo de almacenamiento. Durante la maduración complementaria en

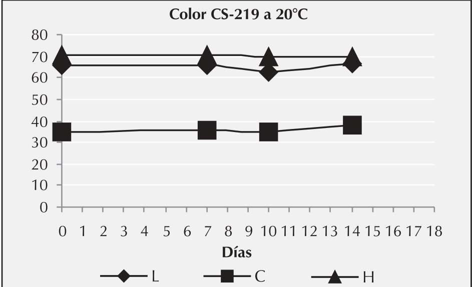

Color CS-376 a 5°C
Días
L
C
H

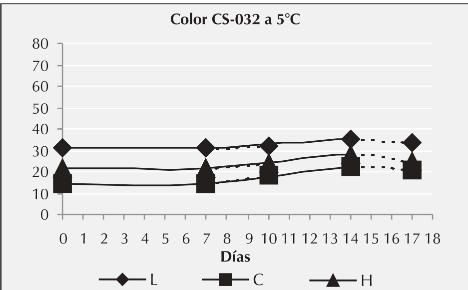

Color CS-376 a 10°C
Días
L
C
H

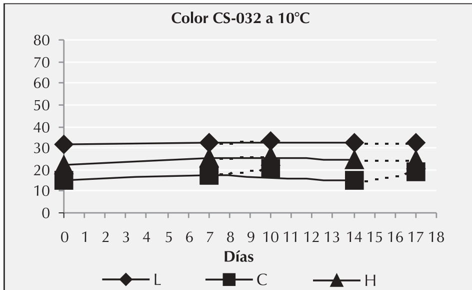

Color CS-376 a 20°C
Días
L
C
H

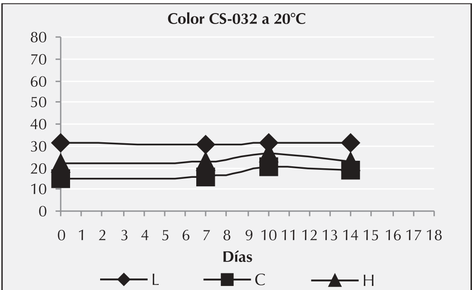

Color CS-219 a 5°C
Días
L
C
H


Color CS-219 a 10°C
Días
L
C
H


Color CS-219 a 20°C
Días
L
C
H


Color CS-032 a 5°C
Días
L
C
H


Color CS-032 a 10°C
Días
L
C
H


Color CS-032 a 20°C
Días
L
C
H

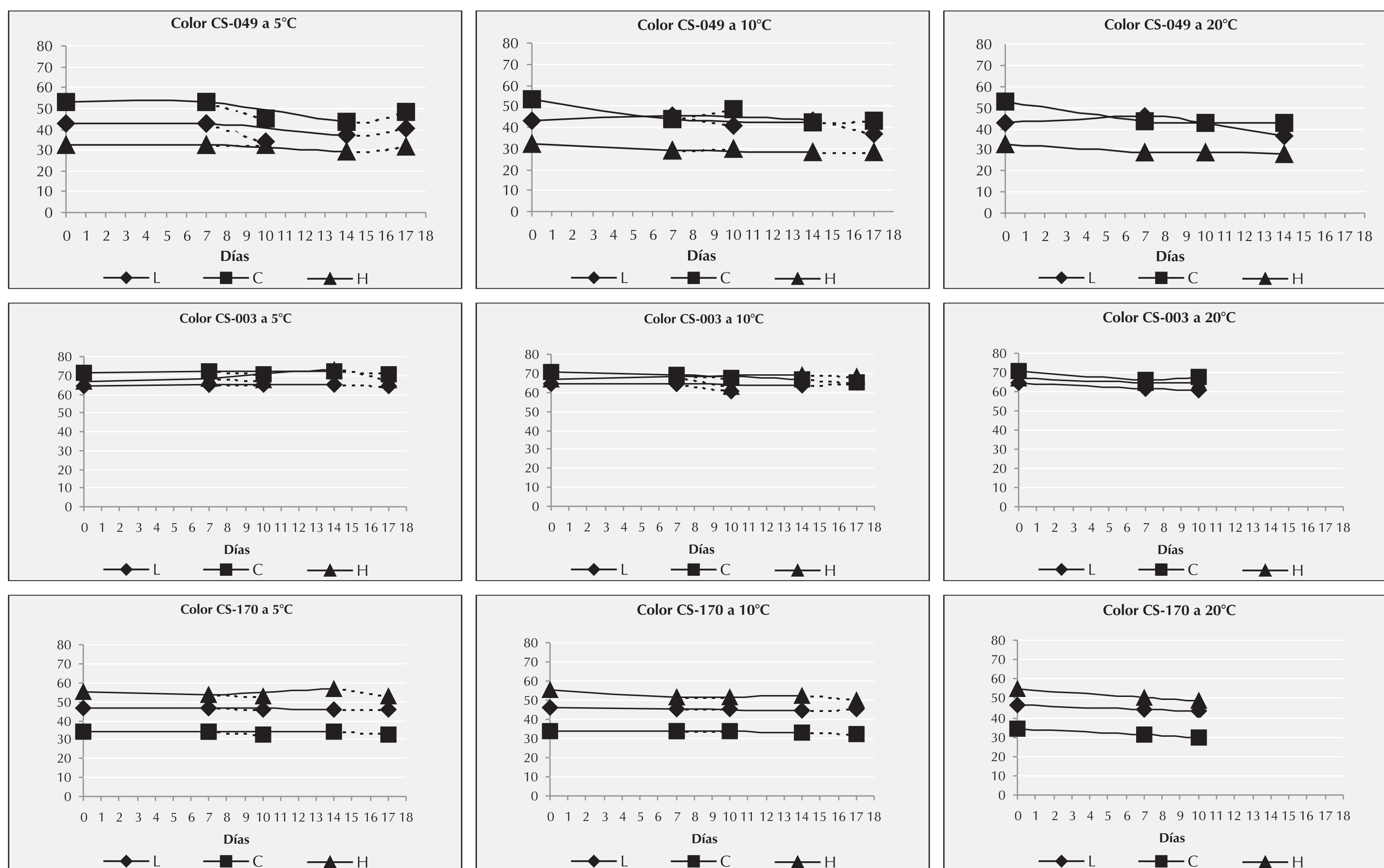


Figura 3. Seguimiento del color de los frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante ensayos de almacenamiento a bajas temperaturas.

general se observó aumento de los azúcares y en muy pocos casos una leve disminución de los mismos. Los frutos de la accesión CS-032 se caracterizaron por presentar los niveles más bajos de azúcares y ser los más pungentes y sensibles a daño por frío, lo cual indica que a menores niveles de azúcares en los frutos mayor posibilidad de presentar síntomas de daño por frío.

En el caso de los frutos de la accesión CS-219 (Figuras 4 y 5), existe una tendencia un tanto diferente a la accesión CS-032, es decir, si bien CS-219 es una accesión con altos niveles de capsaicinoides, las concentraciones de azúcares son altas, entre 30 y 60 $mg.g^{-1}$ para azúcares reductores y de 90 a 200 $mg.g^{-1}$ para azúcares totales; además en los frutos almacenados a 20ºC existe una clara tendencia a aumentar los niveles tras las dos semanas de evaluación. En los frutos conservados a 5ºC y 10ºC tras la maduración complementaria se observan cambios en los niveles de azúcares, ya sea aumento o disminución.

De manera general se observa que hay accesiones de ají tipo dulce (CS-003 y CS-170), moderadamente dulces (CS-049 y CS-376), poco dulces y muy pungentes (CS-032), y dulces y pungentes (CS-219).

Los azúcares solubles juegan un papel en la osmorregulación, el cual incluye una disminución del punto de congelación del citoplasma, prevención de la plasmólisis por deshidratación, dilución coligativa de componentes tóxicos, estabilidad de la proteínas y membranas entre otros; estos presentan un papel crioprotector puesto que su acumulación está relacionada con la tolerancia a las bajas temperaturas (Wanner y Junttila, 1999). Ensayos utilizando bajas temperaturas en plantas han demostrado incrementos en la concentración de glucosa, fructosa y fructanos como respuesta a la aclimatación a esas temperaturas (Livingston *et al.*, 1989; Livingston, 1991; Olien y Clark, 1995).

En general el contenido de azúcares reductores y totales incrementa al aumentar la temperatura y período de almacenamiento. En algunas accesiones aumenta levemente durante los períodos de almacenamiento, lo cual se relaciona con la pérdida de peso de los frutos analizados a las respectivas temperaturas y períodos de almacenamiento.
Las gráficas revelan un efecto de las temperaturas de almacenamiento sobre el contenido de azúcares reductores y totales, particularmente durante la maduración complementaria; al aumentar la temperatura y período de almacenamiento se observa aumento de los azúcares. El incremento observado en la mayoría de las accesiones en cuanto a azúcares reductores podría ser debido a la degradación de compuestos complejos de carbohidratos a formas simples como glucosa y fructosa o al cambio de sacarosa (azúcar no reductor) a glucosa y fructosa (azúcares reductores) probablemente por acción de la invertasa durante el almacenamiento.

En algunas accesiones también se observó una leve disminución en el contenido de azúcares durante el almacenamiento lo cual podría se debido a la hidrólisis de los azúcares complejos, efecto dado por el período y temperatura de almacenamiento o al consumo de los azúcares durante la respiración. Algunos reportes igualmente indican aumento de azúcares por efecto del incremento de temperatura y período de almacenamiento, en frutos de palmas (Jawanda *et al.* 1975; Hissein *et al,* 1976; El-Shazly, 2000)

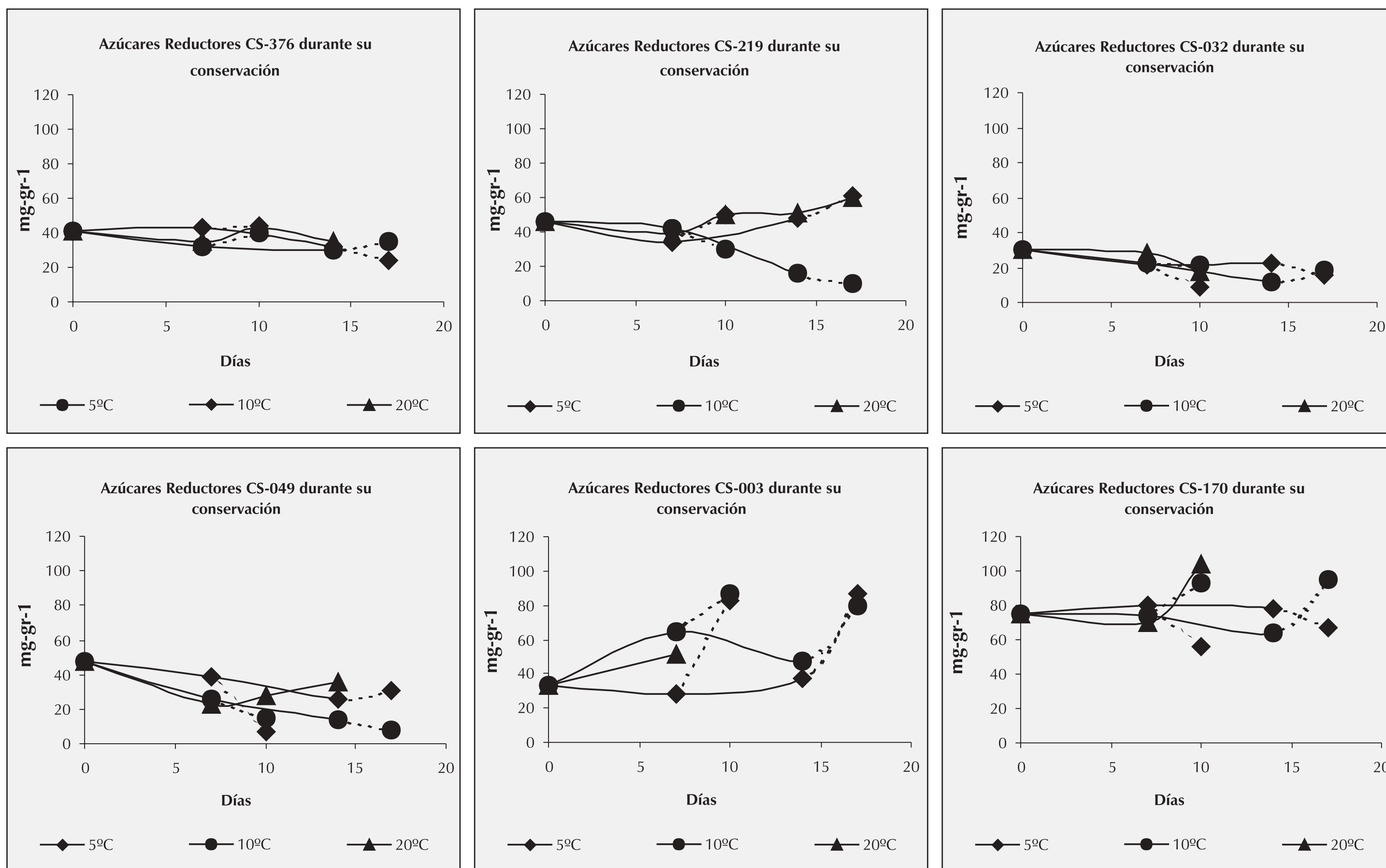


Figura 4. Seguimiento de los niveles de azúcares reductores en frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante los tratamientos de almacenamiento.

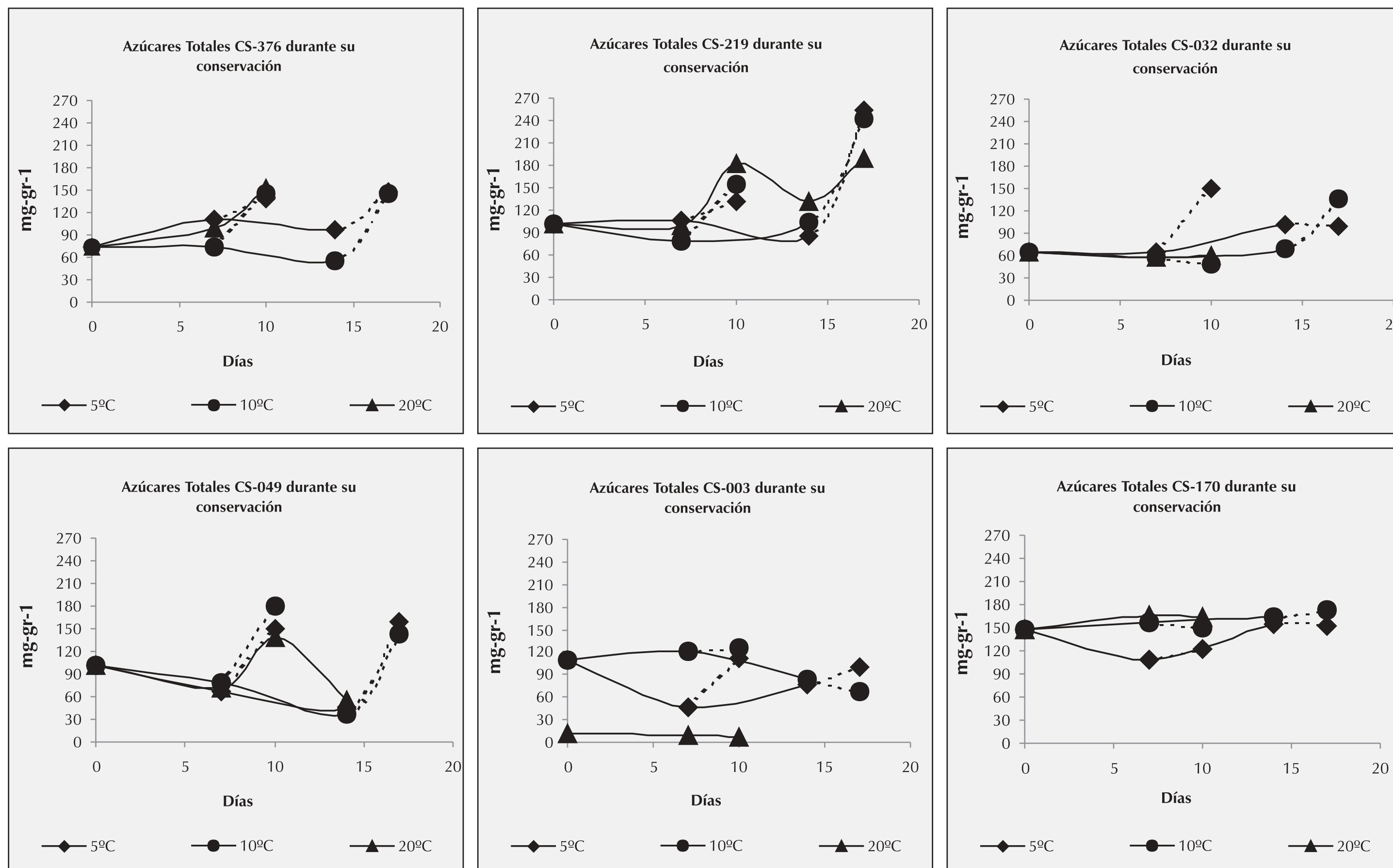


Figura 5. Seguimiento de los niveles de azúcares totales en frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante los tratamientos de almacenamiento.

Capsaicina y dihidrocapsaicina

Similar a lo reportado durante la evolución de los contenidos de capsaicina y dihidrocapsaicina durante el crecimiento y desarrollo de los frutos de las accesiones analizadas, se observa que durante las condiciones de almacenamiento evaluadas (5, 10 y 20°C) los contenidos de dihidrocapsaicina son menores que los de capsaicina.

En los frutos de la accesiones CS-219 y CS-049 (Figuras 6 y 7) se observa que ambos alcaloides presentan un máximo hacia el día siete, parámetro independiente de la temperatura de almacenamiento; posteriormente sus niveles disminuyen probablemente como producto de la degradación de los alcaloides por efecto de la acción de enzimas como la peroxidasa, similar a lo que ocurre en frutos de ají senescentes en los que se ha observado que existe una relación inversa entre la evolución de estos capasicinoides y la actividad peroxidasa como probable enzima implicada en su degradación (Contreras-Padilla y Yahia, 1998).

Esa disminución en los niveles de capsaicina y dihidrocapsaicina también se observa en los frutos de la accesión CS-376 (Figuras 6 y 7) a medida que avanza los tratamientos de conservación por frío.

En los frutos de las accesiones CS-003 y CS-170 se observa que los niveles de estos alcaloides fueron cercanos a 0,2 $mg.g^{-1}$, similar a lo reportado durante la última fase de maduración de los frutos en la planta. En tanto que los frutos de la accesión CS-032, la accesión más pungente según los datos obtenidos durante el estado maduro de los frutos en planta (1.6 $mg.g^{-1}$ para capsaicina y 0.8 $mg.g^{-1}$ para dihidrocapsaicina), presentaron valores bajos (0,2 $mg.g^{-1}$), lo que indica que son frutos muy sensibles a ser almacenados a bajas temperaturas.
Los resultados obtenidos sugieren que para la accesión CS-032 el tipo de procesamiento sea deshidratado en escama o en polvo.

A diferencia de lo obtenido en los tratamientos evaluados, Kirschbaum *et al*. 2002 reporta que hay un pequeño aumento de los niveles de capsaicinoides en frutos de *C. annuum* a medida que avanza los ensayos de conservación tanto a temperatura ambiente como a 4ºC, cuando los frutos solamente fueron cortados por la mitad, no encontrando diferencias en el contenido de estos alcaloides entre los dos grupos; sin embargo igualmente reporta disminución de los alcaloides en frutos conservados al medio ambiente cuando fueron cortados para las determinaciones analíticas.

Durante los ensayos de maduración complementaria en las diferentes accesiones se observó que en algunos casos aumenta en otros disminuye probablemente como producto del desorden metabólico que puede ejercer el cambio de temperatura. Cuando los frutos se llevan a maduración complementaria, luego de haber estado a una temperatura más baja lo que ocurre es un choque térmico, lo que muy probablemente genera cambios fisiológicos y bioquímicos en los frutos.

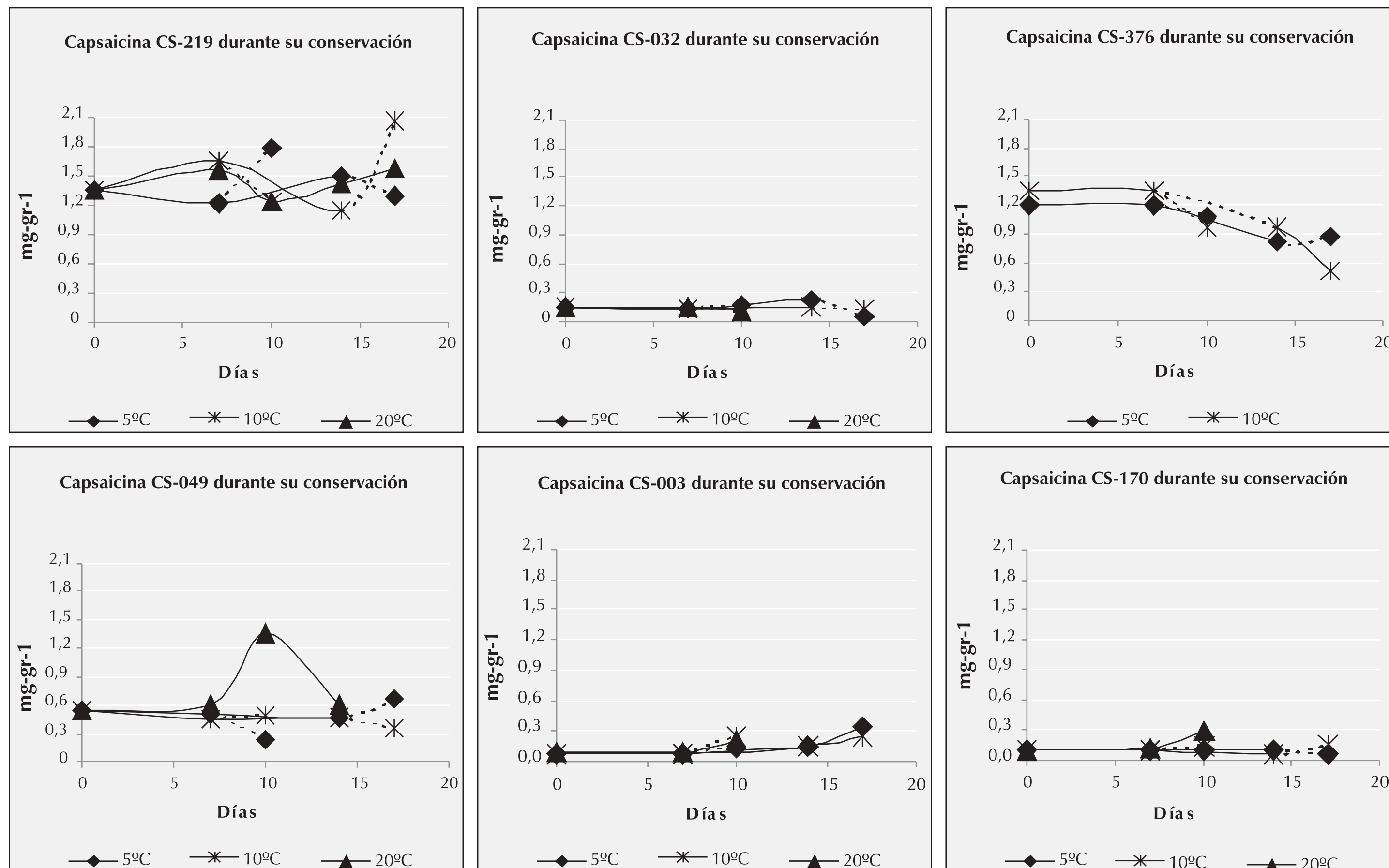


Figura 6. Seguimiento de los niveles de Capsaicina en frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante los tratamientos de almacenamiento.

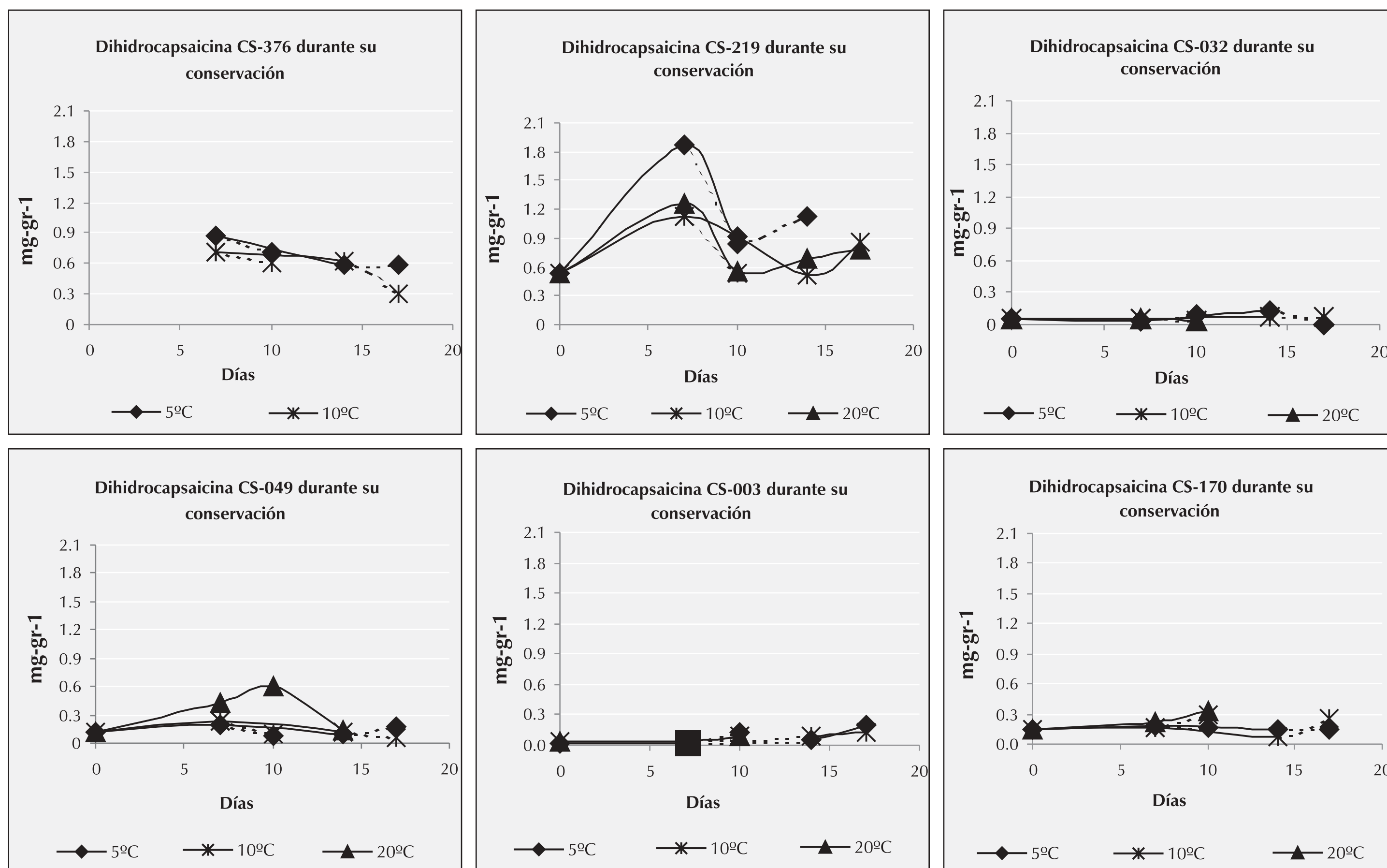


Figura 7. Seguimiento de los niveles de Dihidrocapsaicina en frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante los tratamientos de almacenamiento.

Proteínas

Se observan bajos contenidos de proteína, similar a lo encontrado para las proteínas en los diferentes estados de desarrollo (Figura 8). Los frutos presentan como principales productos de almacenamiento ácidos orgánicos y/o carbohidratos.

Igualmente se encontró que hacia el final de los respectivos tratamientos (5ºC, 10ºC y 20ºC) los niveles de proteínas disminuyeron, en algunos casos principalmente luego del día 7 (accesiones CS-376, CS-032, CS-003, CS-170) en otros luego del día 13 (accesiones CS-049, CS-219). De la misma manera durante los ensayos de maduración complementaria en general se observó disminución de los niveles de proteínas.

Es posible que esa disminución en los niveles de proteínas esté relacionada con hidrólisis de las mismas para la formación de compuestos más sencillos que sean útiles para el funcionamiento y metabolismo del fruto ante las variaciones ambientales. Algunos autores reportan que se puede presentar degradación de proteínas por efecto de especies reactivas de oxígenos asociadas al estrés oxidativo generado por las bajas temperaturas (Casano y Trippi 1992, citado por Hodges, M. 2003).

Ácidos orgánicos

Los ácidos cítrico y málico, ácidos mayoritarios en frutos de las accesiones evaluadas, fueron analizados durante los ensayos de almacenamiento. En las accesiones CS-376, CS-032, CS-170 (Figuras 9A y B) se observó disminución en los niveles de los ácidos principalmente desde el día siete, en tanto que en los frutos de las accesiones CS-219, CS-003 y CS-049 los ácidos aumentaron levemente luego del día siete y disminuyeron al final del almacenamiento o durante la maduración complementaria. En general se encontró que hacia el final de los respectivos tratamientos (5ºC, 10ºC y 20ºC) los niveles de estos dos ácidos disminuyen.

La disminución de ácidos orgánicos durante el almacenamiento y conservación a bajas temperaturas se debe que al ser compuestos de reserva del fruto son consumidos para realizar sus diferentes reacciones metabólicas de mantenimiento. Adicionalmente, como se observó en el análisis de otros parámetros bioquímicos es posible que la disminución también se deba al efecto de las bajas temperaturas.

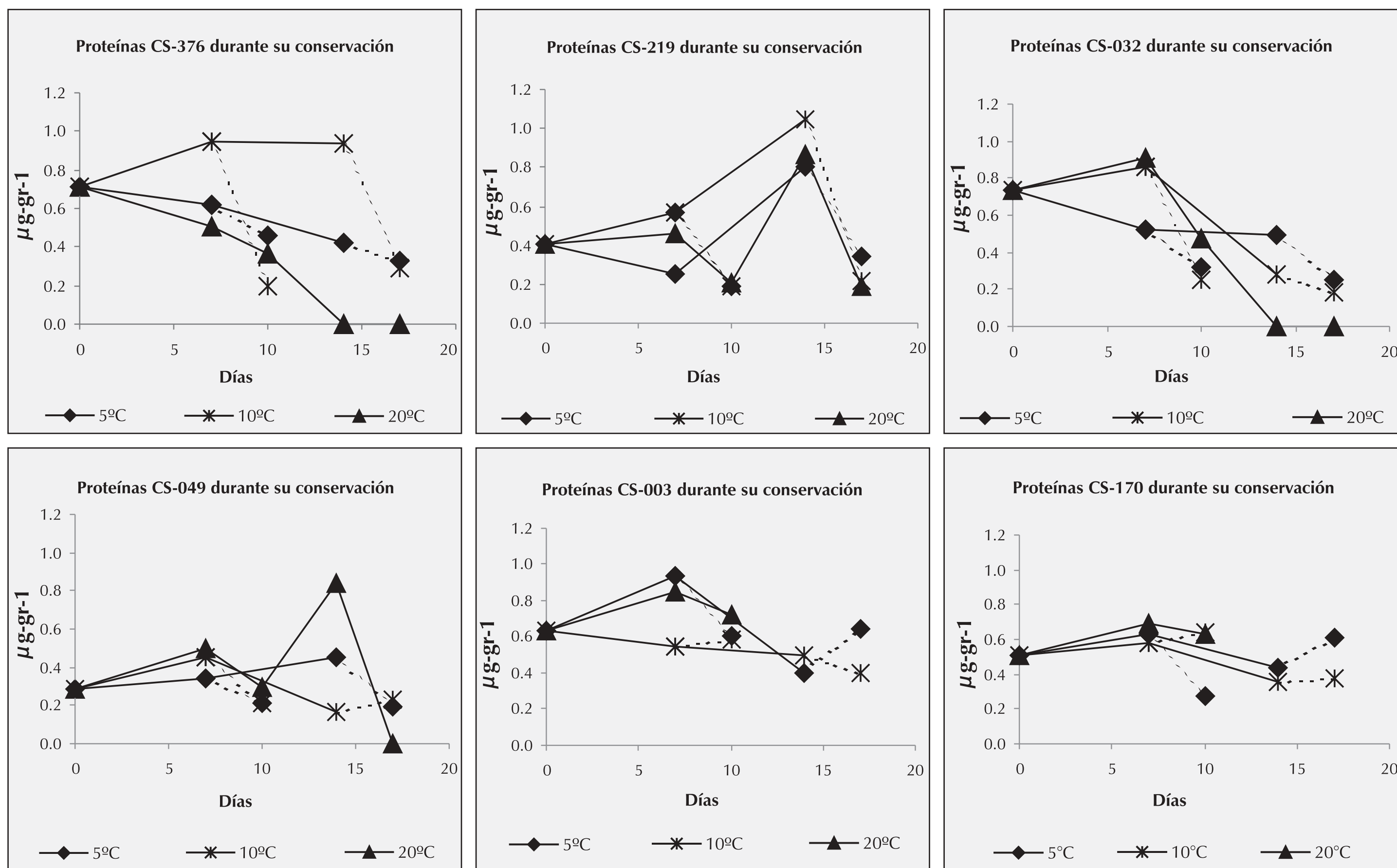


Figura 8. Seguimiento de los niveles de proteínas totales en frutos de las accesiones CS-376, CS-219, CS-032, CS-049, CS-003 y CS-170 durante los tratamientos de almacenamiento.

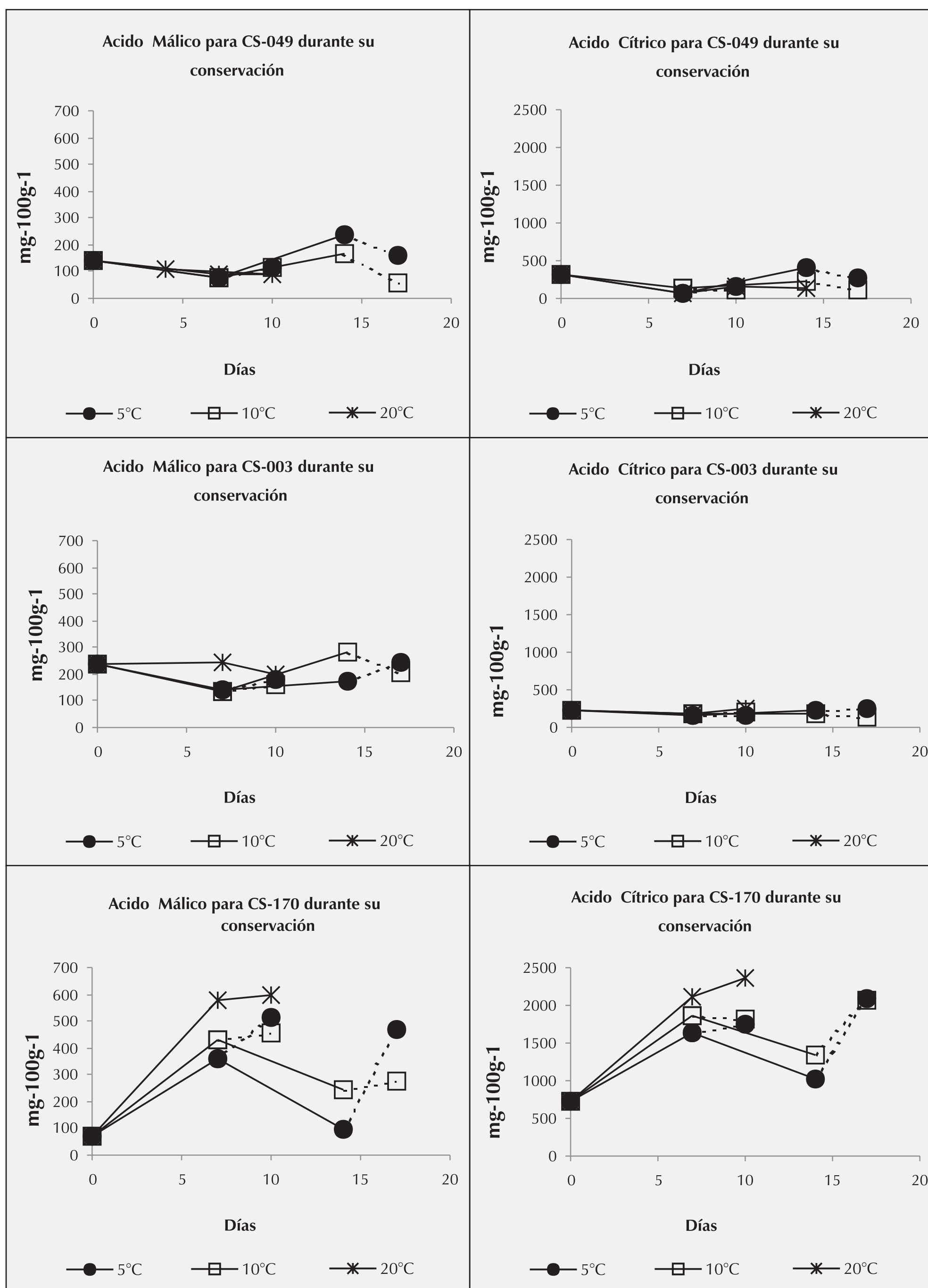


Figura 9A. Seguimiento de los niveles de ácido málico y cítrico en frutos de las accesiones CS-049, CS-003 y CS-170 durante los tratamientos de almacenamiento.

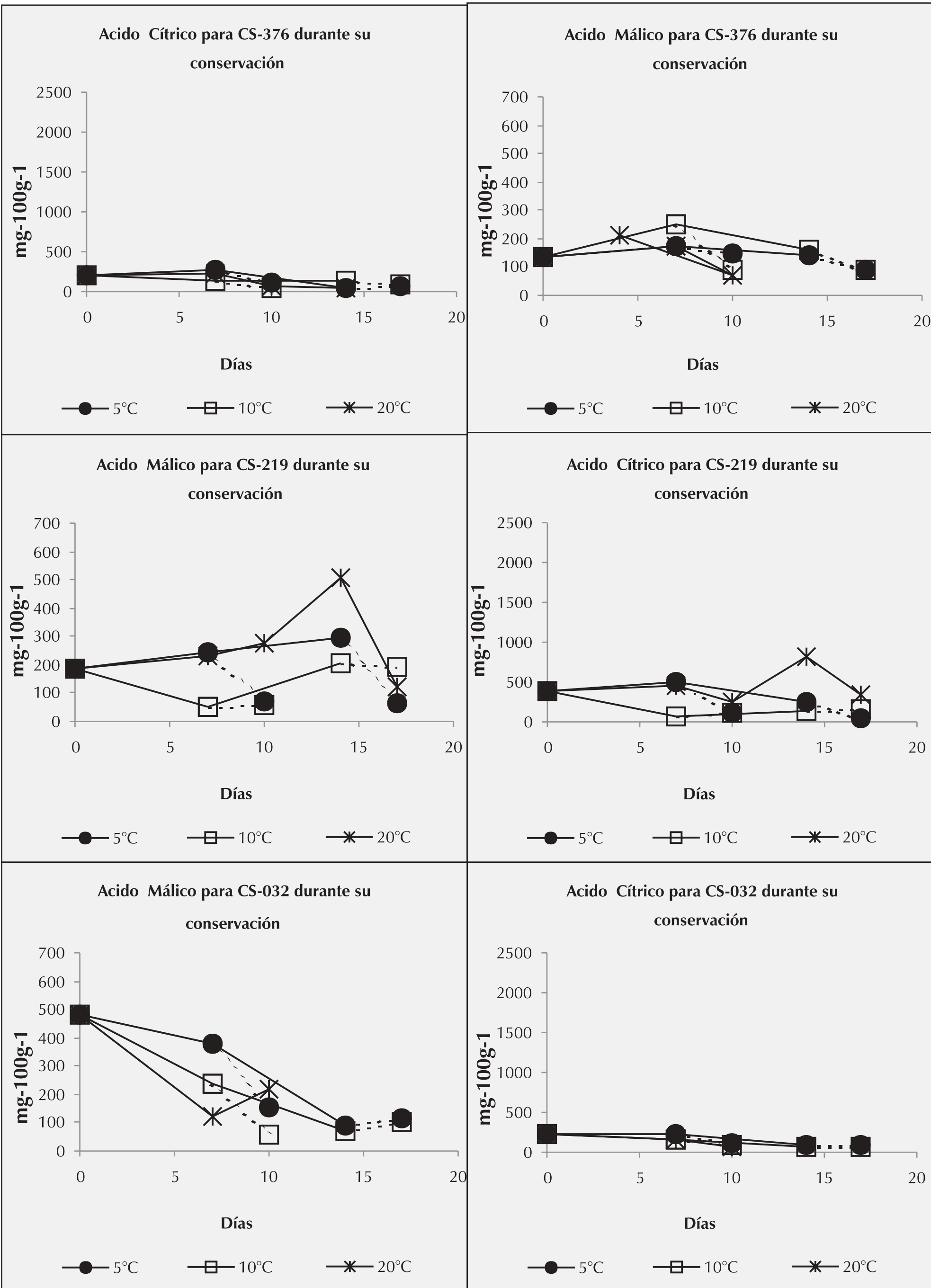


Figura 9B. Seguimiento de los niveles de ácido málico y cítrico en frutos de las accesiones CS-376, CS-219 y CS-032 durante los tratamientos de almacenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Contreras-Padilla, M., Yahai, E.. 1998. Changes in capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity. J. Agric. Food Chem. 46: 2075-2079.

El-Shazly, S. M. 2000. Effect of storage temperature on the keeping quality of some date cultivars. In Artés, F., Gil, M.I., and Conesa, M.A. Editores. Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals. 1: 94-100. Novograf S.A. Spain.

Hardenburg, R.E., Watada, A.E., Wang, C. Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables and nursery stocks. Agriculture Handbook. P 66. USDA, Washington, D.C.

Hodges, M. 2003. Overview: oxidative stress and postharvest produce. In Hodges, M. Editor. Postharvest oxidative stress in horticultural crops. P 1-12. Food Products Press. USA.

Kirschbaum, T. P., Hiepler, D., Mueller, S., Petz. M. 2002. Pungency in paprika (Capsicum annuum) 1. Decrease of capsaicinoid content following cellular disruption. J. Agric. Food Chem. 50: 1260-1263

Livingston III, D. P. 1991. Non-structural carbohydrate accumulation in winter oat crowns before and during cold hardening. Crop Science 31:751-755

Livingston III, D. P., Olien, C. R., Freed, R. D. 1989. Sugar composition and freezing tolerance in barley crown at varying carbohydrate levels. Crop Science 29: 1266-1270

López-Camelo, A.F., and Gómez, P.A. 2000.Developing a ripening index for bell peppers based on color measurements. In Artés, F., Gil, M.I., and Conesa, M.A. Editores. Improving postharvest technologies of fruits, vegetables and ornamentals. 1: 48-53. Novograf S.A. Spain.

Minguez-Mosquera, I., and Hornero-Méndez. 1994a. Formation of pigments during the fruit ripening of *Capsicum annuum* Cv. Bola and Agridulce. J. Agric. Food Chem. 42:38-44

Minguez-Mosquera, I., and Hornero-Méndez. 1994b. Changes in carotenoid esterification during the fruit ripening of *Capsicum annuum* Cv. Bola. J. Agric. Food. Chem. 42:640-644

Olien, C. R., Clark, J.L. 1995. Freeze-induced changes in carbohydrates associated with hardiness of barley and rye. Crop Science 35:496-502

Purvis, A.C., Shewfelt, R.L. 1993. Does the alternative pathway ameliorate chilling injury in sensitive plant tissues?. Physiologia Platarum 88: 712-718.

Wanner, L., Junttila, O. 1999. Cold-induced freezing tolerance in Arabidopsis. Plant Physiol 120:391-399

Wien, H.C. 1997. Peppers. In: Wien, H.C. Editor. The physiology of vegetable crops. CAB international. N.Y. U.S.A. pp 259-293

Wills, R., B. McGlasson, D. Graham y D. JO. 1998. Postharvest. An introduction to the Physiology and Handling of fruit, vegetables and ornamental. 4th Edition. 262 p.

CAPITULO IV

MANEJO AGRONÓMICO Y PRODUCCIÓN

Por: Dioned Victoria González[1], Ximena Bardales[1], Moisés Gordillo[1], Mario Méndez[1], Soledad Hernández[1], Luz Marina Melgarejo[2] y Miembros asociación APAA[3]

Ciclo del cultivo de ají

Según Villachica (1996) la germinación del ají se produce entre los 15 y 17 días después de la siembra, el transplante se realiza entre los 45 a 60 días, la floración se produce 60 a 120 días después del transplante y las épocas de producción alrededor de 120, 150 y 210 días después del transplante. La máxima fructificación se produce entre 160 a 240 días después del transplante dependiendo de la variedad (Figura 1)

Sin embargo, en el trapecio amazónico el comportamiento de *C. annuum, C. chinense* y *C. baccatum* muestra ser precoz, lo que puede ser dado por factores ambientales como humedad relativa, intensidad de radiación solar, temperatura y condiciones edáficas entre otros; permitiendo que las plantas adelanten su pico máximo de producción (figura 2). Dichas condiciones favorecen a los productores ya que se pueden realizar siembras escalonadas con el fin de mantener una producción constante, en corto tiempo.

[1] *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI*
[2] *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología*
[3] *Asociación de Productores Agropecuarios del Amazonas*

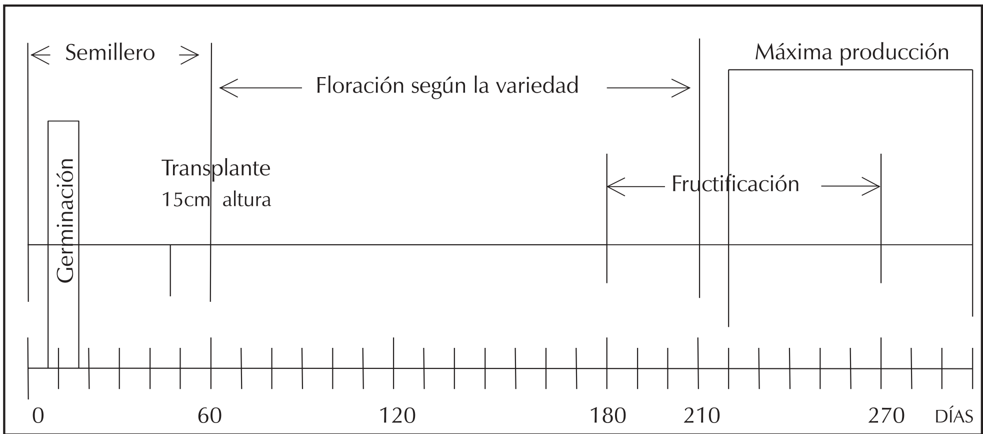


Figura 1. ciclo del cultivo de ají.

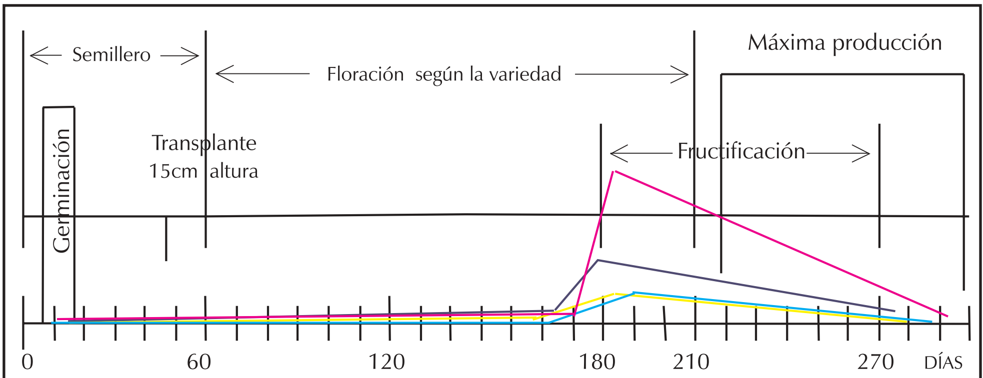


Figura 2. Ciclo del cultivo de las accesiones CS-170, CS-049, CS-003, CS-032

Semillero

El semillero se puede establecer en cubetas de germinación, vasos desechables, bolsas o cajoneras; las semillas se siembran cada 15 cm a una profundidad aproximada de 1.2 cm. Sin importar la forma en que se elabore el semillero este debe permanecer a capacidad de campo (se determina cuando se toma un poco de suelo en la mano y al apretarla toma la forma). El sustrato del semillero consta de (gallinaza 25%, capote 25% y arena 25%), las semillas se mantienen allí durante un periodo 50 a 60 días, época para el transplante.



Transplante

El transplante se realiza cuando las plantas alcanzan 15 cm de altura y presentan 4 a 5 foliolos, para esto un día antes del transplante se suspende el riego y posterior al transplante se riegan con el fin de mantener una buena oferta hídrica.

El cultivo de C*apsicum* puede ser establecido en surcos sencillos a distancia de 80 cm y con distancia de siembra entre plantas de 50 cm. Igualmente se puede sembrar en surco doble con las siguientes distancias: ancho del surco de 0.9 a 1m, distancia entre surcos de 0.8 a 1 m, distancia de siembra entre plantas de 50 a 60 cm (Figura 3).

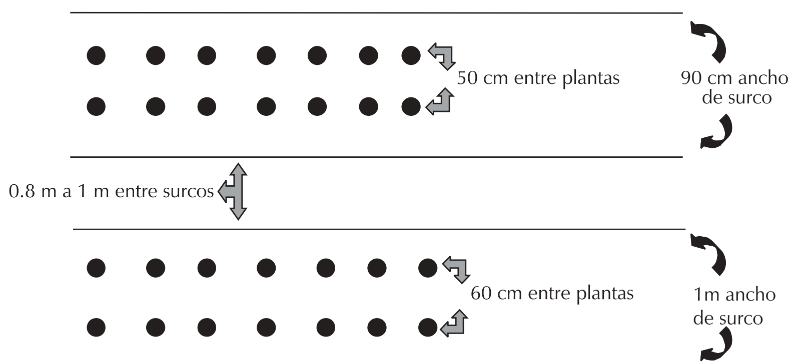


Figura 3. Distancia de siembra de plantas de ají

Producción de frutos de ají bajo condiciones de la amazonia colombiana

Número de frutos por planta

No se presentaron diferencias significativas para la variable número de frutos durante las semanas evaluadas, lo que significa que las accesiones presentaron un comportamiento muy similar en cuanto a su producción durante este período.

Producción por parcela

La accesión CS-003 presentó un período productivo de nueve semanas, con un máximo de producción de 13.37Kg y un mínimo de 6.34Kg. La producción para la accesión CS-003 presentó dos picos perfectamente demarcados en las semanas 3 y 5, presentándose la mayor producción en el primer pico con una producción promedio de 1.7 Kg y el segundo pico con una producción promedio de 1,1 Kg.

La cosecha para la accesión CS-032 se comenzó a evaluar a los 106 después del transplante (ddt), realizando un seguimiento a siete semanas de producción, tiempo durante el cual se presentó un potencial de producción máximo de 5.08Kg y un mínimo de 1.09Kg de fruta fresca durante el período productivo. Se presentaron dos picos de producción, siendo mayor el segundo pico hacia la sexta semana con valores de hasta 1.12Kg, el primer pico de producción se presentó en la semana 3 con 0.88Kg.

La producción para la accesión CS-049 se inició a los 86 ddt con una duración de 9 semanas, identificándose un solo pico de producción el cual se presentó en la semana 3 con un promedio de 1.05 Kg.

La primera cosecha para la accesión CS-170 se realizó a los 92 ddt con una duración máxima de diez semanas. Esta accesión presentó un pico de producción hacia la tercera semana con un promedio de 0.83 Kg.

La accesión 219 presentó una producción promedio de 0.75 Kg y la accesión 376 de 0.65 Kg. Durante la etapa productiva la producción de las fincas fue superior a 300g (188 frutos).

En la figura 4 se presenta la producción de seis accesiones de ají amazónico en fincas de agricultor y el rendimiento por planta (Figura 5) de las accesiones de ají respectivamente, la productividad y rendimiento de cada accesión en las diferentes fincas varió posiblemente a características propias del suelo, a la calidad de manejo agronómico dado por cada uno de los productores y a la variedad de ají cultivado las cuales son afectadas por factores medio ambientales.

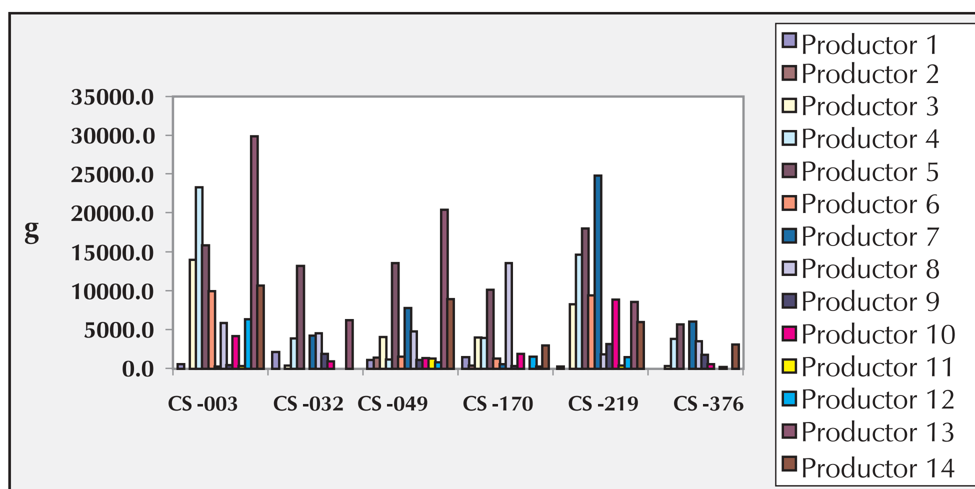


Figura 4. Producción de seis accesiones de ají amazónico CS-003, CS-032, CS-049, CS-170, CS-219 y CS-376 en fincas de agricultor en el municipio de Leticia (Amazonas). Asociación de Productores Agropecuarios del Amazonas.

Con el fin de obtener una mayor producción y rendimiento por planta es recomendable realizar labores de manejo como aumento en la fertilización, raleo de frutos, podas de hojas senescentes y ramas bajeras, así como labores de tutorado con el fin de aumentar la productividad y evitar incidencia de enfermedades.

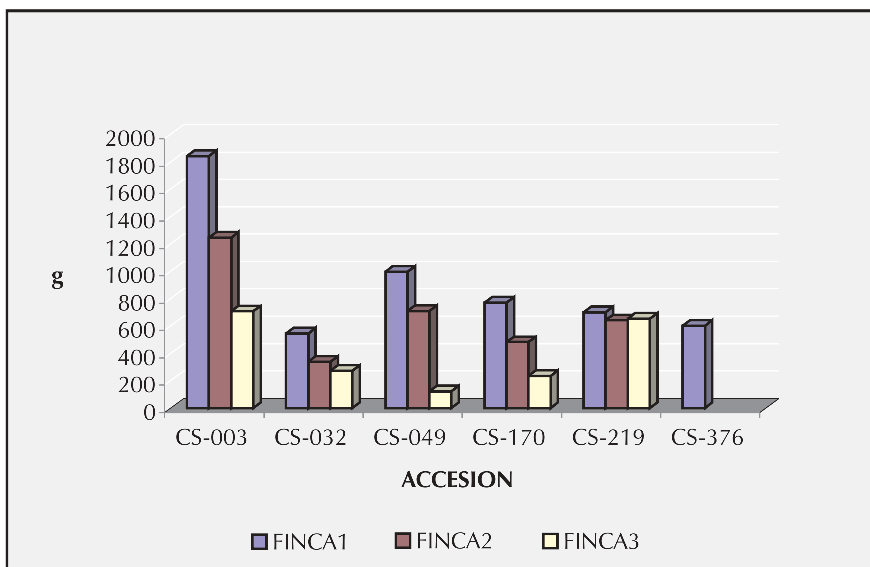


Figura 5. Rendimiento por planta de las accesiones de ají seleccionadas CS-003, CS-032, CS-049, CS-170, CS-219 y CS-376 establecidas en fincas de agricultor en el Municipio de Leticia (Amazonas).

La accesión CS-032 que produce frutos pequeños pero en un alto número hace que este material sea interesante para mercados donde no haya una especial preferencia por frutos grandes. De la misma manera de las accesiones evaluadas, esta accesión es la que más alto contenido de capsaicina presenta.

La accesión 219 es también interesante por ser junto con la 032 de las más pungentes, se considera necesario optimizar las labores de manejo agronómico con el fin de aumentar la producción y rendimiento por planta.

Las accesiones CS-003 y 170 presentan características de precocidad y buena producción, la CS-003 presenta un mayor tamaño y la CS-170 presenta buena producción de frutos. Sin embargo es importante tener en cuenta que la accesión 003 no posee altos niveles de capsaicina y la accesión 170 resultó ser un ají dulce, es decir sin contenido de capsaicina.

Labores culturales

a) Poda de formación

Se lleva a cabo para delimitar el número de tallos con los que se desarrollará la planta (normalmente 2 o 3). En caso necesario se realizará una limpieza de las hojas y brotes que se desarrollen bajo la "cruz" (figura 4). Para realizar esta poda se deben eliminar los

tallos que se encuentren en los primeros 20 cm, luego se eliminarán los que se encuentren en los primeros 15 cm, al igual que los que se encuentren a mas de 25 cm desde la base del tallo de la planta hacia el ápice.

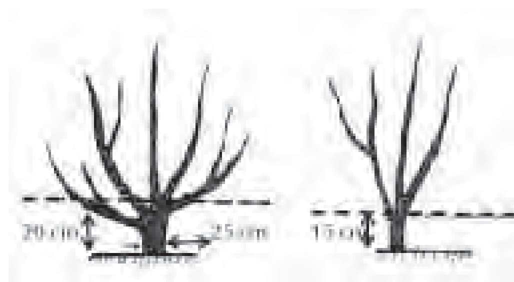


Figura 6. poda de formación de plantas de ají

b) Aporque

Práctica que consiste en cubrir con tierra o arena parte del tronco de la planta para reforzar su base y favorecer el desarrollo radicular. Esta acción brinda mayor capacidad de anclaje a la planta (Figura 7).



Figura 7. práctica de aporque

c) Tutorado

Cada uno de los tallos dejados a partir de la poda de formación se sujeta al emparrillado con un hilo vertical que se va liando a la planta conforme va creciendo. Permite mejora en la aireación general de la planta, favorece el aprovechamiento de la radiación y la realización de labores culturales (destallados, recolección, etc.), lo que repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades.

d) Destallado

A lo largo del ciclo de cultivo se deben eliminar los tallos interiores para favorecer el desarrollo de los tallos seleccionados en la poda de formación, así como el paso de la luz y la ventilación de la planta. Esta poda no debe ser demasiado severa para evitar disminución vegetativa y quemaduras en los frutos que quedan expuestos directamente a la luz solar, sobre todo en épocas de alta irradiancia.

e) Deshojado

Es recomendable eliminar tanto hojas senescentes (bajeras) de la planta como hojas enfermas. Posteriormente deben sacarse inmediatamente del cultivo, eliminando así fuentes de inóculo, favoreciendo el manejo y el control de plagas y enfermedades.

Plagas

Para el manejo de plagas es necesario conocer el tipo de plaga, su comportamiento, ciclo de vida, ecología, hábitos y cambios que sufre durante la vida; el conocimiento al respecto se puede obtener por observación directa lo cual facilita en qué momento controlarlo, de forma preventiva.

Una plaga es una población de animales fitófagos (algunos insectos) que reducen la producción, aumenta los costos, y afecta la calidad de la cosecha. Por su efecto debe tomarse una acción de control para prevenir el daño no sólo en la producción vegetal sino a nivel económico.

En el cultivo del ají bajo condiciones del trapecio amazónico se han presentado las siguientes plagas:

a) *Manduca sexta* (Gusano cachón).

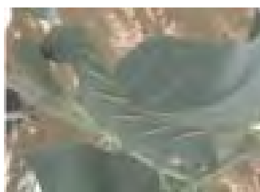


Foto 1. *Manduca sexta.* Fuente Moisés Gordillo, informe técnico 2004

Los huevos son grandes, esféricos, de 1.5 mm de diámetro, de color blanco; son puestos individualmente en el haz de las hojas o sobre el fruto y su periodo de incubación es de cinco a seis días.
La larva pasa por cinco instares y mide de 80 a 90 mm cuando completa su desarrollo; es de color verde a verde grisáceo con siete rayas blancas, oblicuas laterales y un cuerno de color púrpura en el dorso del penúltimo segmento abdominal el cual está proyectado hacia atrás. Se alimentan de hojas, tallos, y frutos. Se mimetizan y se ubican debajo de las hojas a lo largo de los tallos. El periodo larval dura entre 20 a 30 días al cabo de los cuales abandona la planta y se entierra en el suelo para empupar. Las larvas consumen el follaje de las plantas incluidas las inflorescencias y frutos de diferentes tamaños, son desfoliadores.
La pupa es de color marrón oscuro con un gancho en la parte anterior, correspondiendo a la probosis del adulto, mide aproximadamente 60 mm de largo y dura de 15 a 20 días en este estado.
El adulto presenta una envergadura de 90 a 120 mm, alas delanteras de color café con manchas grises y negras, y las alas posteriores de color gris oscuro con bandas claras, abdomen con barras o parches laterales amarillos (ICA, 2000).

b) *Diabrotica balteata* (catarinitas): Los adultos perforan las hojas, brotes internos e incluso flores, hacen huecos redondos e irregulares y en plantas pequeñas pueden llegar a causar defoliación.



Foto 2. Fuente ICA, 2000

El huevo es de forma ovoide, color blanco amarillo, su oviposición puede ser individual o en grupo cerca de las raíces de las plantas hospedantes, su incubación ocurre en cinco a siete días.
La larva es de color blanco o crema, delgadas y alargadas, de 5 a 10 mm de longitud, pasan por tres instares y se alimentan de las raíces del cultivo, el periodo larval dura de 14 a 28 días y empupan en el suelo en una celda cerca de la superficie
La pupa es blanca cremosa con los apéndices visibles y dura de 4 a 8 días.
En el estado adulto son cucarroncitos de 5 a 8 mm de largo, élitros de color verde con manchas amarillas, cabeza roja y abdomen amarillo (ICA, 2000).

c) *Bemisia tabasi* (Mosca blanca): Causa amarillamiento, moteado, encrespamiento, caída de las hojas y reducción del vigor de la planta, es transmisor de unas 20 enfermedades virales.

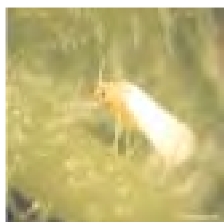


Foto 3. Fuente ICA, 2000

El huevo es oval o elíptico, con un extremo terminado en punta y el otro achatado, con un pedicelo que se inserta en la hoja introduciéndolo en posición vertical; mide alrededor de 0.21mm de largo. Recién puestos son de color blanco amarillento y cubiertos por una especie de polvo o harina, antes de eclosionar se tornan marrones o casi negros con el extremo distal más oscuro. Los huevos son puestos en el envés de las hojas, distribuidos en pequeños grupos, algunas veces en forma circular o semicircular, el periodo de incubación tarda de 5 a 10 días.
La ninfa pasa por cuatro instares, al final del cuarto y antes de la emergencia del adulto se forma la pupa, el primer instar es móvil y se desplaza del sitio de eclosión hasta que encuentra un lugar apropiado para alimentarse. Es oval de color blanco-verdoso y

translúcido. Los siguientes instares parecen pequeñas escamas pegadas en el envés de las hojas. En el cuarto instar mide alrededor de 0.7 mm de largo. Es de forma elíptica con la región frontal semicircular y el cuerpo aunque aplanado un poco mas alto o grueso que los instares anteriores. La duración total en el estado de ninfa es de 15 a 25 días.
El adulto recién emergido es de color blanco-amarillento pero después de pocas horas cambia a completamente blanco debido a la composición de una sustancia cerosa sobre todo el cuerpo y las alas, el cuerpo mide aproximadamente 1 mm de largo. Se ubican en el envés de las hojas, se alimentan introduciendo el estilete bucal dentro del tejido foliar para extraer la savia de la planta (ICA, 2000).

d) *Liriomiza sp* (Minador del follaje): La elaboración de minas por parte de las larvas puede llegar a secar áreas considerables e inclusive la caída de la hoja.



Foto 4. Fuente ICA, 2000

Los huevos son blancos y alargados. Son introducidos con el ovipositor individualmente dentro de la epidermis de las hojas; el periodo de incubación tiene una duración de 2 a 4 días después de los cuales emerge una larva diminuta que empieza a construir una mina delgada.
La larva completamente desarrollada mide alrededor de 2 mm de largo, es de color blanco amarillento y su desarrollo pasa por tres instares; se alimentan del parénquima de la hoja dejando minas o caminos transparentes, el periodo larval dura de 7 a 10 días al final del cual la larva hace un agujero en la epidermis por el envés de la hoja para salir a empupar.
La pupa generalmente se forma en el suelo pero puede quedar pegada al envés de la hoja, o dentro de la hoja. Tiene forma de barrilito de color marrón y dura de 8 a 15 días.
En el estado adulto son mosquitos pequeños de color gris oscuro con manchas amarillas en la cabeza y el tórax, viven aproximadamente un mes y ponen cientos de huevos en ese tiempo (ICA, 2000).

e) *Aphis sp* (Afidos o pulgones): Ninfas y adultos chupan la savia, causan deformación de las hojas, clorosis, marchitamiento, debilidad y muerte de las plantas, además transmiten enfermedades virales.



Foto 5. Fuente ICA, 1999

Los áfidos son vectores de virus, en una colonia se encuentran ninfas en diferentes instares y hembras adultas, se presentan adultos alados cuando se preparan para migrar debido a que hay demasiados individuos o el alimento no es suficiente. Las colonias se pueden localizar tanto en el haz como en el envés de las hojas o en los tallos, las flores y los brotes (ICA, 1999).

Enfermedades:
No se han presentado enfermedades en las parcelas demostrativas de ají bajo las condiciones del trapecio amazónico; sin embargo como medida preventiva para control de plagas y enfermedades se sugiere utilizar extractos de otras plantas.

Abonos y preparados orgánicos

Los suelos amazónicos presentan una capa de materia orgánica que oscila entre los 5 y 10 cm, las siguientes capas son de estructura arcillosa, es por esta razón la importancia de realizar varias de las siguientes actividades con el fin de optimizar las condiciones edáficas:

a) Labranza mínima:
Técnica en la cual se deposita la semilla en el suelo sin necesidad de ararlo, para ello se realiza un movimiento leve de la tierra manteniéndolo protegido con una cobertura vegetal.

b) Abonos verdes:
Consiste en incorporar al suelo materia vegetal no descompuesta y antes del estado de floración, de diferentes plantas cultivadas, especialmente leguminosas, con el propósito de brindar y mantener la fertilidad del suelo.

C) Enmiendas para el suelo:
Aplicación de algún producto mineral o preferiblemente orgánico para corregir algún desorden nutricional, corregir acidez del suelo, mejorar la fertilidad, mejorar la estructura y porosidad del suelo, y permitir la retención de agua y las condiciones bióticas del suelo.

Entre los productos minerales se puede utilizar fosforita y nitrato de potasio.
Entre los productos orgánicos los obtenidos a partir de explotaciones pecuaria, pesquera y agroindustrial (harina de pescado, de huesos, compost, caldo microbiano, entre otros).

El buen manejo agronómico de las plantas permitirá obtener una buena producción y calidad de los frutos.

REQUISITOS PARA LA PRODUCCION ECOLÓGICA
Con el fin de obtener productos ecológicos, se debe tener en cuenta los requisitos que se presentan en la resolución número 00074 de abril 4 de 2002 capitulo IV del Ministerio

de Agricultura, en la cual se cita que todos aquellos productos que se quieran considerar como ecológicos deben tener en cuenta:
Mantenimiento del suelo en los aspectos de fertilidad y actividad biológica, para esto se podrá utilizar leguminosas, abonos verdes de plantas de enraizamiento profundo y coberturas vegetales entre otras.
Manejo fitosanitario y de arvenses adoptando medidas preventivas, entre ellos encontramos adecuada nutrición vegetal, protección de los enemigos naturales de los organismos dañinos con cercos vivos, diseminación de predadores, uso de parasitoides, alelopatía entre otros.
Se podrá utilizar material de propagación y reproducción de origen no ecológico, siempre y cuando se certifique la imposibilidad de obtener en el mercado material no tratado de una variedad o raza de la especie.
Prioridad del uso de variedades nativas y endémicas.
Uso de abonos de tipo orgánico o natural.
Uso del control biológico en el que se aceptan controladores biológicos como parásitos, parasitoides, entomopatógenos antagónicos del reino animal, especialmente artrópodos y microorganismos como hongos, virus, bacterias y nemátodos. Cuando se adquieran fuera del predio, deben estar registrados ante el ICA.
En la poscosecha se permiten las prácticas como almacenamiento bajo atmósferas controladas, uso de ceras o recubrimientos comestibles y tratamientos a bajas temperaturas.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ICA, 1999. Plagas y enfermedades en frutas tropicales. Boletín de sanidad vegetal. 11:31-65

ICA, 2000. Enfermedades y plagas de hortalizas y su manejo. Boletín de sanidad vegetal 16: pág 12, 13, 30

Villachica, H. 1996. Frutales y hortalizas promisorias de la Amazonía. Lima Perú. Pág 309-314

CAPITULO V

AGROINDUSTRIA DEL AJÍ EN LA AMAZONIA COLOMBIANA

Por: Ximena Bardales[1], Jaime Barrera[1], John Albert Martínez[4], Mauricio Andrad[4], Soledad Hernández[1], Luz Marina Melgarejo[2], Miembros asociación APAA[3] y Julio César Luna[4]

El concepto de Agroindustria es un tema novedoso e importante para todas las regiones del país donde existen productos y conocimientos tecnológicos que son incorporados al mercado, muchos hacen parte de una tradición y otros surgen de iniciativas de proyectos. En este sentido la línea de productos de ají ratifica que evidentemente la inversión en el agro genera ingresos y empleo a las comunidades rurales de regiones como la Amazonia Colombiana, que como el caso del departamento del Amazonas es un ejemplo claro que evidencia la experiencia y los espacios que ha ganado la Asociación de Productores Agropecuarios del Amazonas (APAA) con el apoyo del Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas-SINCHI y la Universidad Nacional de Colombia.

En este capítulo se describirá el esquema diseñado para la agroindustria del ají en el Departamento del Amazonas y que permitirá servir de herramienta para otras líneas de productos que se enmarquen en las exigencias del mercado nacional y en la responsabilidad de garantizar un desarrollo sostenible en la Región Amazónica.

[1] *Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI*
[2] *Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Biología*
[3] *Asociación de Productores Agropecuarios del Amazonas*
[4] *Universidad de la Amazonia*

Industrialización

Del ají (*Capsicum*) se obtiene unos compuestos llamados Capsaicinoides que le confieren el sabor pungente o picante al ají. Esta característica permite elaborar diversos productos que finalmente satisfagan al último eslabón de la cadena productiva, el consumidor.

Es así como en el área rural de Leticia, capital del departamento del Amazonas se ha venido trabajando en la fase de implementación de tecnologías para la elaboración de productos a partir de frutos de ají cultivado por indígenas y colonos de la región amazónica. Entre los productos transformados se destacan salsas picantes, encurtidos y deshidratados de ají.

Aunque la agroindustria es un concepto nuevo para este departamento resulta ser una interesante alternativa de trabajo para sus habitantes.

Enfoque rural

La agroindustria rural es una *"Actividad que permite aumentar y retener en las zonas rurales, el valor agregado de la producción de las economías campesinas a través de la ejecución de tareas de poscosecha en los productos procedentes de explotaciones silvoagropecuarias, pesqueras y acuícolas tales como la selección, el lavado, la clasificación, el almacenamiento, la conservación, la transformación, el empaque, el transporte y la comercialización"*.[1]

El valor agregado hace alusión a las empresas que agregan valor a la producción primaria de las economías campesinas. Sin embargo, se trata no sólo de aumentarlo sino de retenerlo en las zonas rurales, es decir agregar valor y a la vez permitir que se quede en las zonas donde está la producción primaria.

Características fundamentales de la agroindustria:

1. Aumentar y retener en las zonas rurales el valor de la producción agropecuaria.
2. Elevar ingresos y generar empleo.
3. Contribuir a la seguridad alimentaria (empresas rurales vinculadas con el mercado y el comercio).
4. Fortalecer las estructuras sociales locales, entre éstas, las empresas quienes cumplen con un objetivo de desarrollo.

[1] *II Curso Internacional sobre la promoción de la Agroempresa Rural para el Desarrollo Microrregional Sostenible, Programa Cooperativo de Desarrollo de la Agroindustria Rural para América Latina y el Caribe (PRODAR).*

Requerimientos

La agroindustria del ají está en proceso de implementación y en este sentido se enmarca en torno a algunos requerimientos exigidos por la normatividad nacional en lo relacionado a dos de los eslabones de la cadena productiva, producción primaria y transformación; los cuales se deben tener en cuenta en el momento de la estandarización de las diferentes operaciones que se mencionan en este capítulo:

1. Reglamentación para certificación ecológica. Resolución 0074 de 2004. Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural.
2. Reglamentación de Condiciones Básicas de Higiene en la fabricación de alimentos, Control y Vigilancia, Importaciones y Exportaciones de los mismos. Decreto 3075 de 1997. Ministerio de Salud.
3. Reglamentación del Sistema de Aseguramiento de Calidad Sanitaria o Inocuidad HACCP. Decreto 60 de 2002. Ministerio de Salud.
4. Norma Técnica Colombiana de salsas picantes (NTC 1631) y de pepinos encurtidos (NTC 4810).

Estandarización de procesos

El proceso de estandarización de las operaciones para la elaboración de deshidratados, encurtidos y salsas de ají durante el desarrollo de la fase II del proyecto ají, permitió establecer lineamientos para la operatividad en los procesos de transformación, entre los cuales se destacan los siguientes:

1. Programación para el acopio de frutos en planta y definición de días para la recepción de materia prima proveniente de la producción primaria de las fincas o chagras de los productores. Esta programación se varía de acuerdo al volumen de producción en campo.

2. Personal operativo: con capacitación para las labores en la planta de procesamiento. Entre las actividades que se adelantan están acopio de materias primas, control de inventarios, limpieza y saneamiento, procesamiento, empaque y embalaje. El personal operativo como mínimo contará con capacitación en manipulación de alimentos, buenas prácticas de manufactura, reglamento interno del laboratorio y medidas de seguridad.

3. Distribución de planta piloto, ubicada en instalaciones de la Sede Leticia del Instituto Sinchi.

Identificación de procesos

El primer proceso macro que se identifica en la fase de estandarización, es la cadena productiva del ají, el cual se resume en el siguiente flujograma (Figura 1).

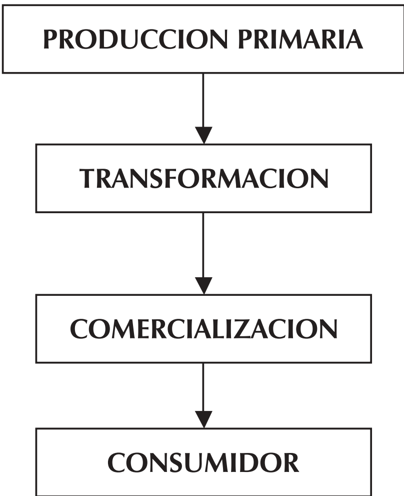


Figura 1. Cadena productiva del ají

La transformación (Figura 2) es donde se inserta el concepto agroindustrial para la identificación de cuatro procesos principales los cuales se definen como: acopio de frutos, elaboración de salsas, elaboración de encurtidos y elaboración de deshidratados; acompañados de procesos de alistamiento y almacenamiento que complementan y fortalecen dicho eslabón.

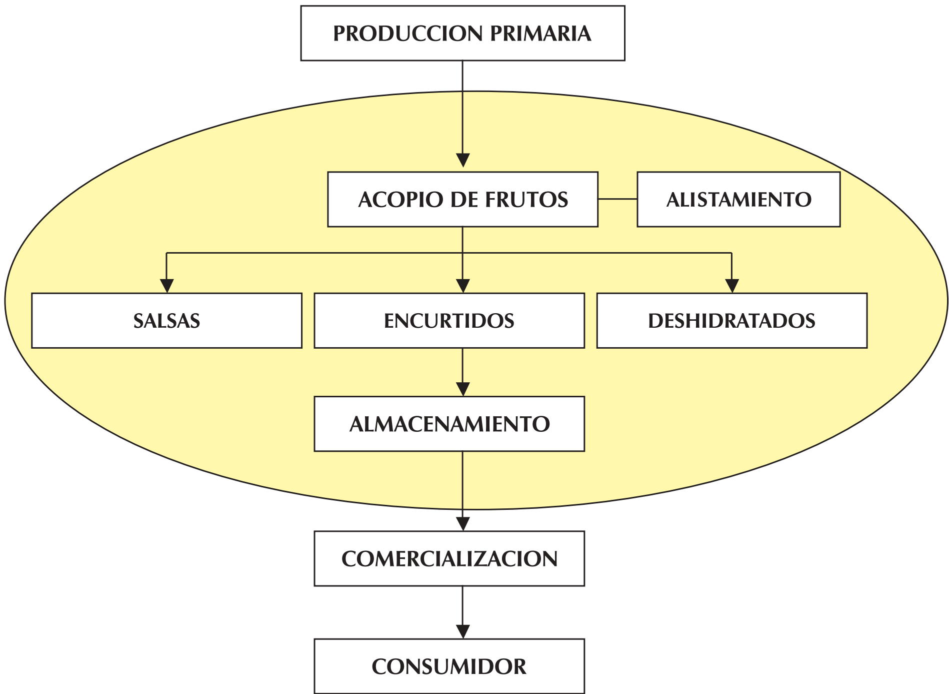


Figura 2. Procesos identificados en el eslabón de transformación

Identificación de Funciones

Para garantizar la operatividad en los procesos de transformación se requiere presentar las responsabilidades de cada uno de los funcionarios:

Jefe de Producción

- Elaborar la programación de la producción de la semana teniendo en cuenta el (los) producto(s) que se elaborará.
- Establecer volúmenes de producción.
- Verificar existencia de materias primas.
- Establecer horarios de producción.
- Verificar el diligenciamiento de formatos de seguimiento y control.
- Realizar cálculos con respecto a la formulación del producto teniendo en cuenta el volumen de producción.
- Evaluar cambios en la formulación con el comité técnico

Jefe de Aseguramiento de Calidad

- Supervisar que los procedimientos durante los procesamientos se realicen dentro de los estándares establecidos.
- Certificar el producto antes de su comercialización.
- Realizar los controles de calidad.
- Identificar con su respectivo certificado de producto todo lote de producción.
- Realizar los respectivas entrenamientos al personal operativo, tanto nuevo como antiguo, con base en el manual de procedimientos.

Operarios

- Cumplir a cabalidad el manual de procedimientos técnicos.
- Dar uso correcto a su respectiva dotación de tapabocas, gorro, bata, botas, protectores auditivos y demás accesorios importantes para el cumplimiento de las Buenas prácticas de manufactura.
- Registrar los datos de procesamiento con letra y números legibles en los respectivos formatos de procesamiento. En la medida que el personal registre correctamente la información se podrán tomar acciones correctivas sobre las no conformidades que se presenten durante los procesamientos y de igual forma se garantizará los procesos.
- Cumplir puntualmente el horario establecido en la programación de producción elaborada por el Jefe de producción.
- Todo personal nuevo que ingrese a laborar en la planta debe ser previamente entrenado con el fin de evitar errores durante los procesamientos.

Descripción de procesos

Acopio de frutas y ajíes

Las especies que se transforman en la planta piloto se resumen en la tabla 1:

Nombre común	Nombre científico	Parte utilizada
Variedades de ají amazónico	*Capsicum annuum, Capsicum baccatum, Capsicum chinense, Capsicum frutescens.*	Pulpa del fruto de ají (salsa) y fruto entero de ají (encurtido).
Arazá	*Eugenia stipitata*	Pulpa de fruta, sin semillas ni cáscara
Carambola	*Averrihoa carambola* L.	Pulpa de fruta, sin semillas ni cáscara
Cocona	*Solanum sessiliflorum*	Pulpa de fruta, sin semillas ni cáscara
Piña	*Ananas comosus*	Pulpa de fruta en trocitos, sin semillas ni cáscara

Tabla 1. Especies utilizadas en los productos MAJIÑA. Plan de Negocios de la Asociación de Productores Agropecuarios del Amazonas.

Calidad para el acopio de ají y/o frutas

El grado de maduración de los frutos es un factor relevante para el acopio del ají, o de cualquier otra hortaliza o fruta que se destine para actividades agroindustriales ya que se requiere que la materia prima cumpla con ciertos estándares de calidad.

El estado de maduración de los frutos de ají es un parámetro de calidad visual bastante práctico y fácil de aplicar en las fincas o chagras de los productores (Fotos 1, 2, 3, 4 y 5). La tabla 2 permite identificar el grado de maduración aceptable del ají para los procesos de transformación.

Dicha tabla de maduración es útil para el productor, ya que con ella puede dar instrucciones y recomendaciones muy precisas a los empleados de la finca o chagra para realizar una recolección eficiente y evitar pérdidas del producto.

Tabla 2. Tabla de grado de maduración del ají para los procesos de transformación

COLOR	DESCRIPCION
3	Corresponde a un estado de maduración mediano, es decir 50% de cambio de color.
4	Corresponde a un 75% de cambio de color.
5	Corresponde a un fruto maduro.

Foto 1. ACCESION CS-003

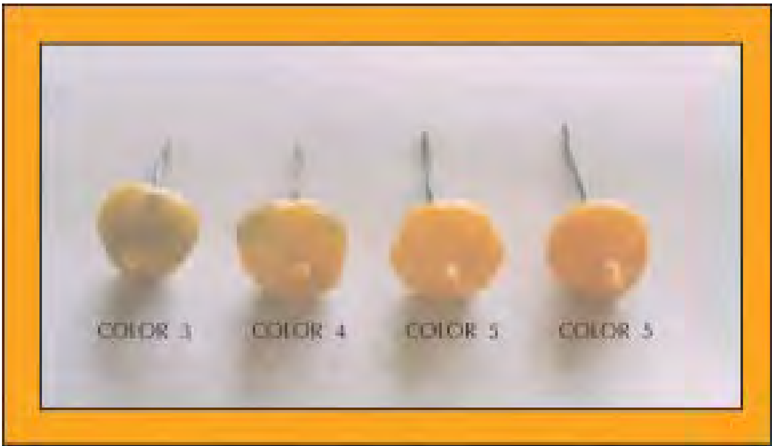


Foto 2. ACCESION CS-049



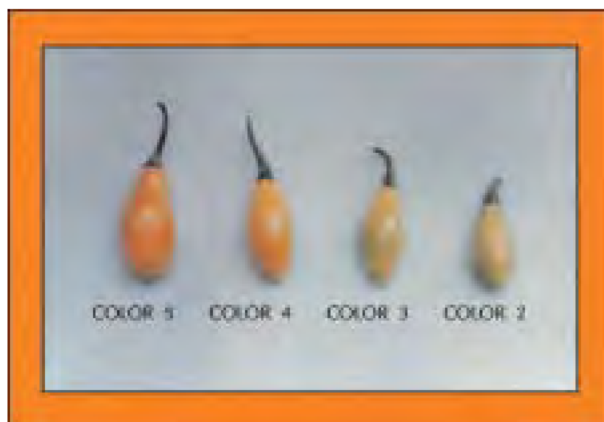
Foto 3. ACCESION CS-170



Foto 4. ACCESION CS-219



Foto 5. ACCESION CS-376



En la planta piloto se reciben frutos que cumplan las características de color 4 y 5 (Figura 3), libres de magulladuras, picaduras o cualquier otro daño mecánico, y que además cumplan con todos los demás requerimientos de calidad para los respectivos procesamientos. Aquellos que no cumplan esta condición se toman como desperdicios.

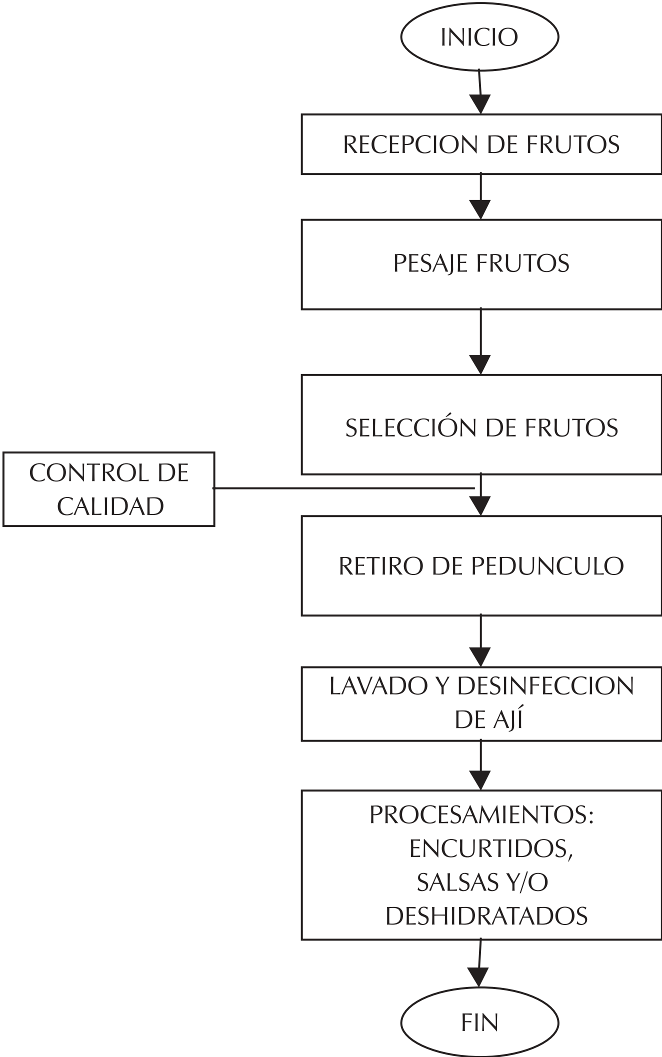


Figura 3. Acopio de ají y frutas

Elaboración de Salsas

Se desarrollaron salsas a partir de frutas con las accesiones (Tabla 3) CS-003 *Capsicum chinense,* CS-049 *Capsicum annuum,* CS-219 *Capsicum annuum* y CS-376 *Capsicum frutescens.*

Tabla 3. Accesiones seleccionadas

ACCESION	SABOR DE LA SALSA
CS -003	Salsa de Cocona
CS -049	Salsa de Carambola
CS -219	Salsa de Piña
CS -376	Salsa de Arazá

Para el proceso de elaboración de salsa (Figura 4) es fundamental tener en cuenta la formulación con una base de cálculo y de acuerdo al instructivo de formulación de salsas, temperatura de cocción, pasteurización y escaldado, y tiempo de duración de las diferentes etapas.

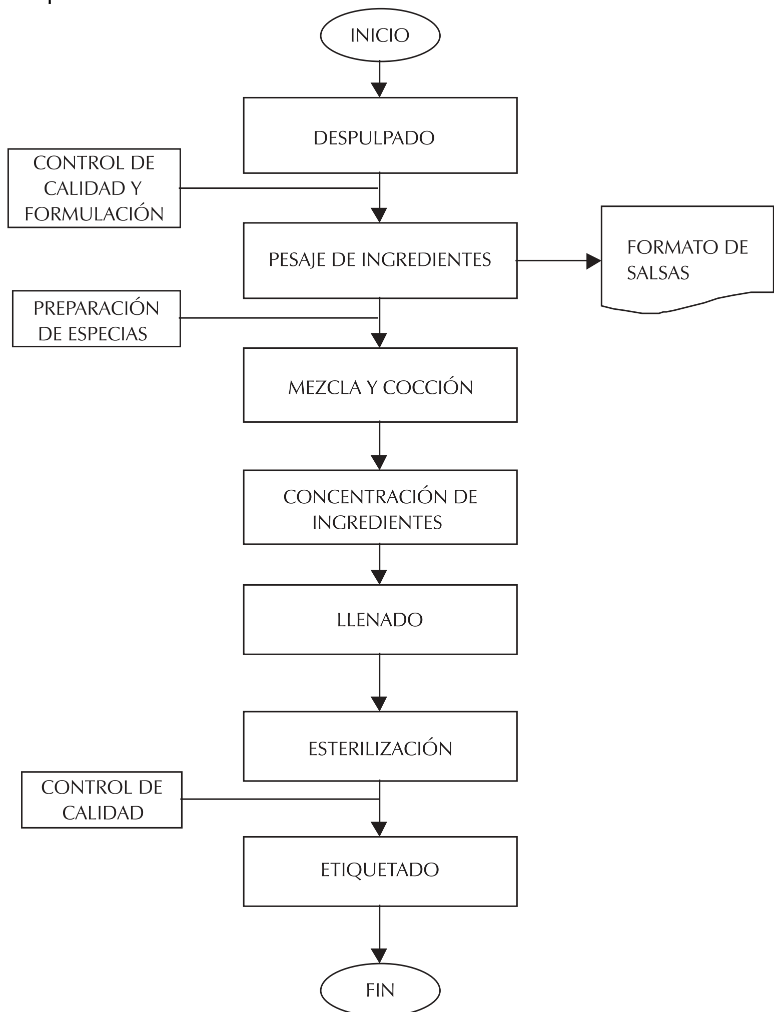


Figura 4. Diagrama general del proceso de elaboración de salsas.

De acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 1631 se definen las siguientes condiciones generales para salsa de ají:

La salsa de ají debe elaborarse con ajíes maduros (estadios de color 4 y 5), sanos y limpios, libres de contaminación por insectos y hongos o cualquier microorganismo capaz de desarrollarse en él.

El límite de residuos de plaguicidas en la salsa de ají, deberá estar de acuerdo con lo establecido en el Codex Alimentarius.

Se permite la adición de tomate (jugo, salsa o concentrado), condimentos naturales, vinagre, edulcorantes naturales, sal y los colorantes permitidos por la autoridad competente.

Como sustancias preservantes se permite la adición de ácido benzoico y sórbico o de sus sales, solos o en mezcla.

Se permite la adición de los estabilizantes, emulsificantes y espesantes contemplados en la NTC 1582, en cantidad máxima de 0.25%.

La salsa de ají debe tener consistencia y color uniforme, con su sabor y olor característicos. Debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos y microbiológicos indicados en la Tabla 4.

En el producto se permitirán máximo 50 defectos/100cm^2. Entre los defectos se permitirá como máximo el 20% entre 1mm^2 y 2mm^2.

CARACTERISTICA	UNIDAD	ESPECIFICACIONES	
		MIN.	MAX.
Levaduras	lev./g		50
Lactobacilos	ufc/g		10
Recuento de hifas	mohos/g		20% (+)
Sólidos totales solubles	lectura refractométrica a 20ºC	11	
Acidez	acido acético en % masa	0.85	
pH	Hidrogeniones		4.2
Benzoato de Na	ppm		1000
Sorbato de potasio	ppm		1000
Mezcla	ppm		1250
Colorantes	ppm		250
Estabilizante, emulsificantes, espesantes NTC1582	2q		0.25%
Sabor			uniforme
Olor			uniforme
Apariencia			uniforme
Color			uniforme

Tabla 4. Requisitos fisicoquímicos y microbiológicos.
Fuente: Norma Técnica Colombiana NTC 1681

FICHA TECNICA

SALSAS

ACCESION 049		
Rendimiento en proceso (tomate).	83%	
Rendimiento en proceso (ají).	69.8%	
Porcentaje de ají en Producto terminado.	5%	
	7.5%	
	10%	
Contenido neto de producto.	200 gr.	
Contenido de ají.	5%	10 gr.
	7.5%	15 gr.
	10%	20 gr.
Porcentaje de sal en salsa	3%	
ºBrix	5%	32
	7.5%	31.5
	10%	31

Elaboración de Encurtidos

Para el proceso de elaboración de encurtidos (Figura 5) es fundamental tener en cuenta los siguientes aspectos: combinar de forma adecuada los ajíes teniendo en cuenta el

análisis que mas adelante se describe, preparar el líquido de gobierno que es el medio ácido que actúa como preservante, controlar la temperatura durante el escaldado y controlar los tiempos de cocción y escaldado.

La accesión CS-032 no es posible utilizarla para la elaboración de encurtidos ya que presenta cambios en el color, durante su almacenamiento.

Las accesiones CS-032 y CS-170 se descartan para la elaboración de encurtidos por cuanto aportan bajo peso de drenado, con pesos promedios de 1.3443g y 1.6809g respectivamente.

La accesión CS-003 por presentar un mayor peso con respecto a las otras tres accesiones (CS-049, CS-219 y CS-376) es conveniente para elaborar encurtidos, manteniéndola constante en las diferentes combinaciones:

COMBINACION 1: 003-049-376
COMBINACION 2: 003-219-376
COMBINACION 3: 003-049-219

Las combinaciones en los encurtidos dependerán directamente del peso de las accesiones; las accesiones CS-049, CS-219 y CS-376 por poseer pesos promedio relativamente altos, 3.7061g, 3.7288g y 3.5801g respectivamente, se deberán combinar con la accesión 003 que es la que posee mayor peso promedio, (5.4556 g).

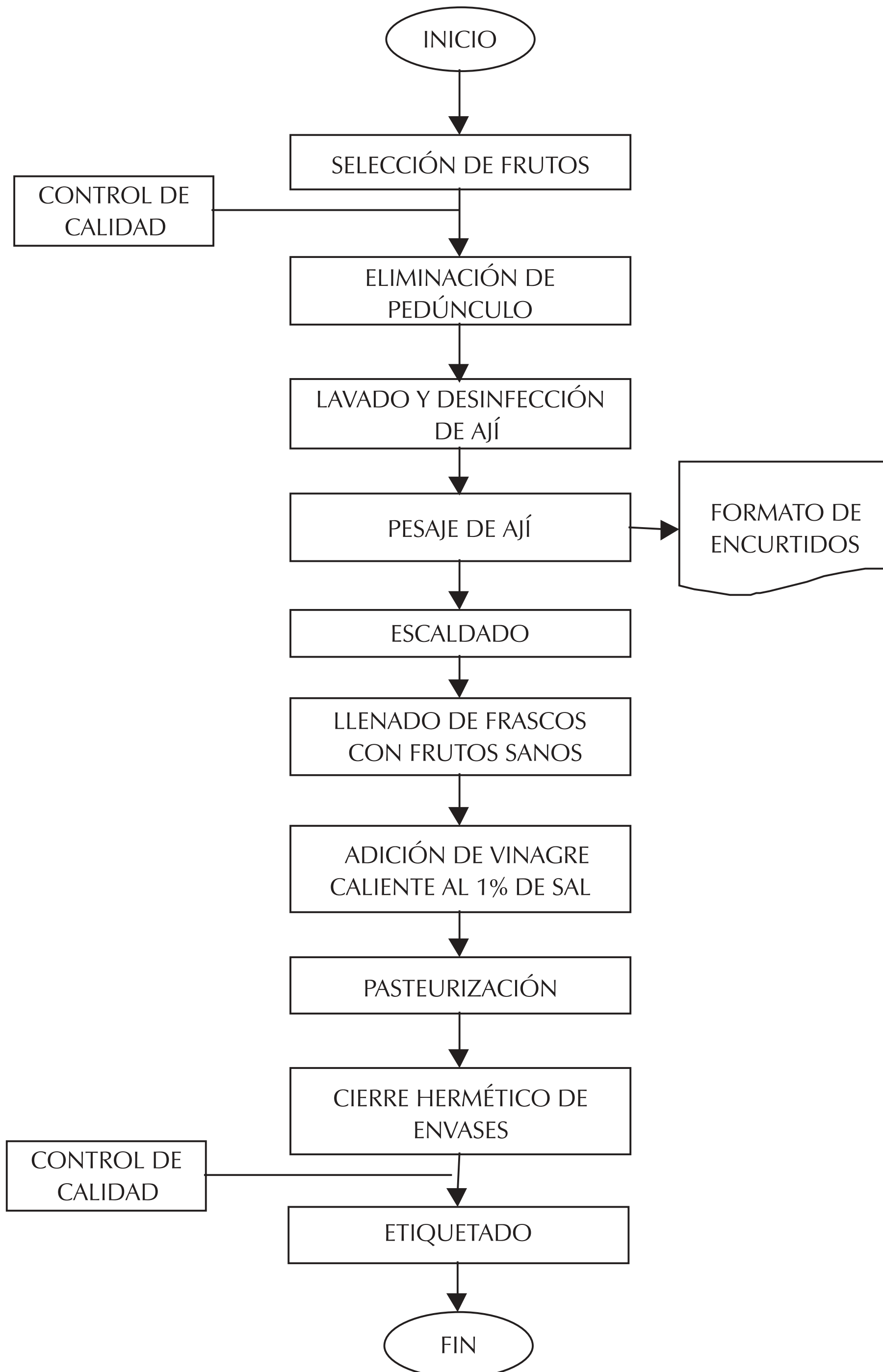


Figura 5. Diagrama general del proceso de elaboración de encurtidos

Los criterios de calidad para los encurtidos de ají son:

Color: Los ajíes deben presentar las características de color normales típicas de la variedad o accesión, tipo de envase y forma de presentación.

Textura: Los ajíes deberán ser razonablemente firmes, lisos, prácticamente exentos de unidades arrugadas, blandas, lacias y libres de semillas muy grandes

Sabor: Los ajíes deberán tener un buen sabor característico de la variedad, del tipo de envase y de los aromatizantes o ingredientes especiales empleados.

Uniformidad de tamaño: Los frutos deberán ser enteros el 80% o más en número. En *Longitud* – La unidad más larga no deberá rebasar la longitud de la más corta en más del 50%. En *Diámetro* – el diámetro de la unidad más ancha no deberá rebasar el de la unidad más pequeña en más del 50%.

Definición de defectos:

a. *Ajíes deformados* – significa ajíes enteros, mal desarrollados.
b. *Ajíes imperfectos* – significa ajíes afectados en un grado tal que perjudica su apariencia y su calidad comestible, debido a la alteración del color, rasguños, cicatrices, roturas de la piel u otras imperfecciones similares.
c. *Daño mecánico* – significa unidades magulladas o rotas.
d. *Textura deficiente* – excesivamente arrugados, muy blandos o lacios.
e. *Color desvaído* – unidades que varían marcadamente del color típico de la variedad o accesión y tipo de envasado.

De acuerdo a los resultados microbiológicos los productos encurtidos y salsas de ají demuestran ser aptos para el consumo por cumplir con los estándares de calidad.

FICHA TÉCNICA

ENCURTIDOS

Accesión 219	
Rendimiento en proceso.	84.3%
Porcentaje de ají en Producto terminado.	64.5%
Porcentaje de líquido de gobierno en Producto terminado.	35.5%
Contenido neto de producto.	336.3 gr.
Contenido de ají.	216 gr.
Contenido de líquido de gobierno.	119.4 gr.
Porcentaje de sal en líquido de gobierno.	3%
pH.	2.68
Peso escurrido.	216.9 gr.

Accesión 376	
Rendimiento en proceso.	93.7%
Porcentaje de ají en Producto terminado.	65%
Porcentaje de líquido de gobierno en Producto terminado.	35%
Contenido neto de producto.	350gr.
Contenido de ají.	227.7 gr.
Contenido de líquido de gobierno.	122.6 gr.
Porcentaje de sal en líquido de gobierno.	3%
pH.	2.70
Peso escurrido.	250.9 gr.

Accesión 003	
Rendimiento en proceso.	94.42%
Porc entaje de ají en Producto terminado.	61%
Porcentaje de líquido de gobierno en Producto terminado.	31%
Contenido neto de producto.	340.6gr.
Contenido de ají.	207.8 gr.
Contenido de líquido de gobierno.	132.8 gr.
Porcentaje de sal en líquido de gobiern o.	3%
pH.	2.65
Peso escurrido.	145.7 gr.

Elaboración de Deshidratados

El sistema de remoción de la humedad de frutas y hortalizas mas usado en el mundo y uno de los mas antiguos es la deshidratación por aire caliente.

La característica fundamental de la deshidratación como medio de conservación de alimentos es la reducción del contenido hídrico, a niveles inferiores a aquellos que permiten el desarrollo de microorganismos, así como la disminución de reacciones enzimáticas y químicas. Estas limitaciones del contenido de agua se acompañan de un

descenso de peso y disminución de volumen. La deshidratación por aire caliente consiste en exponer el producto a una corriente de aire parcialmente seca, de tal manera que este remueva la humedad necesaria para que se logre un control efectivo de los procesos de deterioro. El aire puede ser calentado por medio de combustibles, energía eléctrica y energía solar, cuando las condiciones metereológicas lo permiten.

En el proceso de secado de ají se presentan tres fases internamente (Figura 6)

1. Etapa de secado a velocidad constante, en la cual la fruta pierde el agua libre.
2. Intervalo de humedad crítica, el cual corresponde al momento en que la velocidad de migración del líquido a la superficie es igual a la velocidad de evaporación superficial.
3. Etapa de velocidad constante, en la cual la velocidad de migración del líquido a la superficie ha disminuido y por ello este fenómeno controla la velocidad de secado.

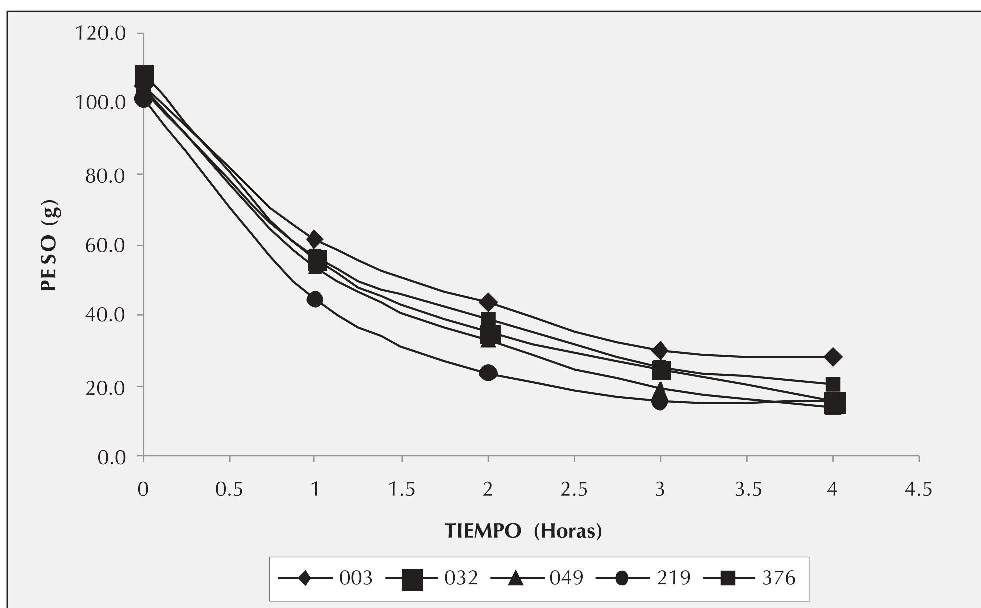


Figura 6. Curva de secado que muestra las etapas en el secado con aire caliente de diferentes accesiones de ají amazónico.

La evaporación del agua se da de diversas formas, a presión atmosférica, al vacío y por cambio de estado físico (congelación, sublimación). El secado de alimentos presenta las siguientes ventajas:

1. Reducción del peso del producto (hasta mas de un 90% de su peso original)
2. Reducción de volumen
3. Economía en costos de empaque

4. Reducción de costos de transporte, almacenamiento y conservación
5. Disponibilidad en época de escasez de alimento
6. Facilidad de mezcla con otros ingredientes
7. Factibilidad de regeneración en condiciones controladas empleando agua o soluciones azucaradas.
8. Protección al daño por reacciones enzimáticas y de oxidación.

La deshidratación por aire caliente es el método empleado para secar ají amazónico. El equipo consta básicamente de una cámara aislada, dentro de la cual se instalan soportes escalonados, sobre los que va colocadas las bandejas a malla perforadas con el alimento, que se cargan y descargan manualmente. El aire que se calienta por medio de un intercambiador de calor circula sobre placas que lo dirigen paralelamente entre las bandejas y a través de ellas.

El aire se introduce mediante un ventilador a velocidad de 4 m^3/seg , una vez calentado se atraviesa las bandejas envolviendo la fruta y pasando a través del producto produciéndose la evaporación del agua. El tiempo de secado dependerá de las siguientes condiciones:

1. Naturaleza del producto
2. Grosor
3. Disposición en la bandeja
4. Velocidad y caudal del aire
5. Temperatura inicial y final del producto

Cada alimento soporta una temperatura máxima por encima de la cual se deterioran sus propiedades organolépticas. Entre los problemas que se presentan por temperaturas demasiado altas se destacan:

1. Pardeamiento por calor: reacción bioquímica por exceso de temperatura, por quemado o por calcinación.
2. Endurecimiento superficial: Se presenta en la primera fase de la deshidratación, cuando esta se realiza con alta temperatura y baja humedad relativa, yaq u e depositan sobre la superficie del producto sustancias solubles en el momento de la evaporación.
3. Gelatinización: En los productos con alto contenido de almidón, como raíces y tubérculos.
4. Pérdida de sustancias volátiles: Durante la deshidratación se presentan pérdidas de sustancias volátiles que pueden afectar negativamente el sabor y el aroma del producto deshidratado.

La temperatura inicial del aire es de 60°C para el caso de ají y luego se aumenta y se mantiene constante a 70°C, por el tiempo establecido (5 horas) a una humedad relativa de 25%.

En ají se ha encontrado que la velocidad de evaporación es directamente proporcional a la velocidad del aire, sin embargo con humedad del aire inferior al 40% la velocidad es con frecuencia independiente.

Para que el proceso de secado se realice de una manera adecuada es necesario establecer las condiciones básicas del proceso, para lo cual se tiene en cuenta las características del producto final: humedad, color característico, espesor de la lámina y textura crocante. El diagrama general de este proceso se describe en la figura 7.

Con el ánimo de separar y determinar el tamaño de partícula adecuado para los productos de deshidratados de ají, se empleó la técnica de tamizado por malla. Esto permite establecer las especificaciones de equipamiento y el escalonamiento industrial del proceso de deshidratación para la obtención de ají en polvo. También permite determinar la eficiencia de la etapa de molienda y garantizar el control de los procesos.

Previo a las etapas de molienda y tamizado, se llevó a cabo la etapa de secado con aire caliente, teniendo en cuenta los datos preliminares del primer ciclo del proyecto, los cuales muestran que el peso seco de cada accesión corresponde al 10% de su peso fresco. Las accesiones CS-049, CS-219 y CS-376, presentan pesos similares de 3g/unidad al final del desarrollo del fruto y en el momento de recolección; las accesiones CS-003 presenta el mayor peso fresco promedio (4.5g/unidad) y la accesión CS-032 el menor peso fresco promedio (1.5g/unidad).

En general las muestras de cada una de las seis (6) accesiones de ají evaluadas presentan un comportamiento similar con respecto al número de tamiz, es decir, con respecto al diámetro de la malla por la que pasó la muestra. En general cinco (5) de las seis (6) accesiones analizadas, se estima que tiene un diámetro de partícula de 800 micras y tan solo una (1), la accesión CS-219, tiene un diámetro aproximado de 315 micras. Estos resultados dependen del proceso previo de molienda y de las características del molino que se utilizó.

Los resultados de la etapa de tamizado reflejan que, al presentarse un mayor porcentaje en la malla de mayor diámetro, probablemente una malla superior a ésta (mayor a 800micras), retenga un mayor porcentaje de partículas. Por lo tanto este resultado se debe tener como referencia para conocer los diámetros de partículas que se obtuvieron durante la etapa de molienda.

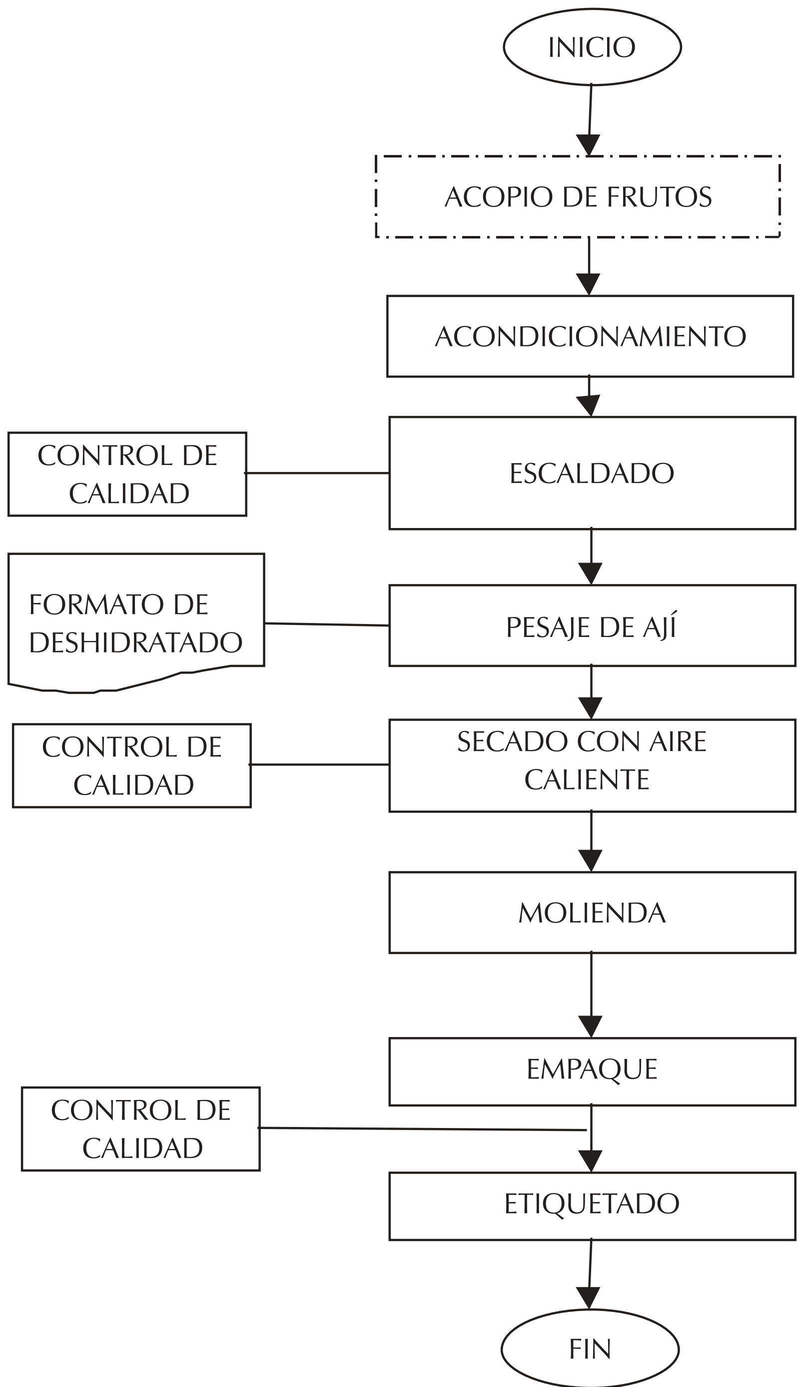


Figura 7. Diagrama para elaboración de deshidratados de frutos de ají.

Calidad Microbiológica

Con el fin de evaluar la calidad microbiológica de los deshidratados de ají, se empleó la técnica de diluciones y siembras en placas de agar. Esto permitió determinar que el producto cumple con los mínimos requisitos microbiólogicos de calidad, aunque la calidad de los deshidratados, como de cualquier otro producto alimenticio, depende directamente de la calidad de la materia prima, se hizo necesario medir este parámetro como control de calidad del producto procesado.